GIOVANNI SCHIAPARELLI

SCRITTI SULLA STORIA

DELLA

ASTRONOMIA ANTICA

PARTE PRIMA - SCRITTI EDITI

TOMO SECONDO

BOLOGNA

NICOLA ZANICHELLI

EDITORE

NOSOTTI

GIOVANNI SCHIAPARELLI

SCRITTI SULLA STORIA

DELLA

ASTRONOMIA ANTICA

PARTE PRIMA - SCRITTI EDITI

TOMO SECONDO

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI
EDITORE

L' EDITORE ADEMPIUTI I DOVERI
ESERCITERÀ I DIRITTI SANCITI DALLE LEGGI

II.

ASTRONOMIA DEI GRECI

X.

LE SFERE OMOCENTRICHE
DI EUDOSSO, DI CALLIPPO E DI ARISTOTELE

Dalle Memorie *del Reale Istituto Lombardo. Classe di scienze matematiche e naturali, vol. XIII. Milano 1877.* (*Memoria letta nell'adunanza del 26 novembre 1874*).

Questa lettura è stampata anche nelle Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano n. IX ed è tradotta in tedesco col titolo Die homocentrischen Sphären des Eudoxus, des Kallippus und des Aristoteles Mémoire von G. V. SCHIAPARELLI in's Deutsche übersetzt von W. HORN, *nelle* Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik. *Erstes Heft e nella* Zeitschrift für Mathematik und Physik *XXIII Jahrgang. Leipzig. Teubner 1877.*

Par quelle bizzarrerie le progrès que nous avons fait dans les mathématiques et dans certaines parties de la physique a-t-il inspiré à nos philosophes un mépris pour l'histoire des anciennes opinions, qui leur fait croire, que ces hommes et ces nations, qui se sont rendus si célèbres dans l'antiquité, ont été plongés dans les ténèbres philosophiques plus épaisses?

FRÉRET, *Observations générales sur la Géographie ancienne.*

I. CONSIDERAZIONI GENERALI.

L'astronomia dei Greci, nata con deboli principi nelle scuole della Ionia e dell'Italia, coltivata ed accresciuta nelle scuole matematiche che ebbero origine da Platone, fu perfezionata grandemente da Ipparco coll'introdurvi il calcolo applicato alla geometria, e raggiunse il suo apice con Tolomeo verso la metà del II secolo di Cristo. I lenti, ma continuati progressi, che d'ipotesi in ipotesi e d'osservazione in osservazione, dal disco terrestre piano e circolare d'Omero condussero all'artifiziosa e multiforme compagine degli eccentri e degli epicicli, offrono al filosofo uno spettacolo grandioso ed istruttivo, e a chi ben considera, non meno interessante di quello che presenti lo sviluppo dell'astronomia moderna da Copernico ai nostri giorni. Sventuratamente però non è concesso allo studioso di conoscere con uguale esattezza tutti i gradi della scala, che dalle idee di Talete condusse il genio dei Greci alle ipotesi e alle tavole astronomiche degli Alessandrini. Perchè, mentre degli ultimi studi di questo lavoro intellettuale rimasero durevoli ricordi nella *Grande composizione matematica*, di quanto si fece prima d'Ipparco, e di quanto si fece fuori della scuola d'Alessandria dopo d'Ipparco, non rimasero che deboli tracce ed imperfette notizie, per lo più tramandate da scrittori non astronomi. Quanto dunque si fece in astronomia dai Greci, fuori dell'anzidetta scuola, in gran parte è rimasto ignoto agli storici di questa scienza, o se noto, non fu generalmente dai medesimi colla dovuta diligenza ponderato; e quindi avviene, che dei primi progressi di essa si devono cercare notizie sicure piuttosto presso gli studiosi della filologia e dell'antichità classica,

che nei libri di Bailly, di Montucla, di Delambre, e dei numerosi loro imitatori o continuatori. Lo studio che ebbi l'onore di presentarvi l'anno scorso *Sui precursori di Copernico* può far di questo testimonianza evidente.

Ma dall'eccidio generale, onde, dall'Almagesto in fuori, furono colpiti tutti i più importanti monumenti della greca astronomia, un altro grave danno è derivato. — La difficoltà di ben conoscere, e sopratutto di ben interpretare i pochi ricordi che rimangono dell'astronomia greca non alessandrina, trasse i più ad ignorarla, o ben anche a disprezzarla, quando imperfettamente conosciuta; onde ebbe origine l'opinione falsa, ma oggi quasi generalmente ricevuta, che tutta l'astronomia scientifica dei Greci sia contenuta nell'Almagesto. Di questa tesi il più dotto ed autorevole sostenitore fu Delambre, e la sua voluminosa *Histoire de l'Astronomie ancienne* ne è un commento perpetuo. Eccone alcuni saggi: « Il est demontré, que du temps d'Archimède les Grecs n'étaient guère plus avancés (en Astronomie) que les autres peuples. Toutes leurs connaissances se trouvent à fort peu près rassemblées dans le poème d'Aratus » (1). Altrove: « L'Astronomie n'a été cultivée véritablement qu'en Grèce, et presque uniquement par deux hommes, Hipparque et Ptolemée »; dove naturalmente s'intende parlare solo dell'astronomia degli antichi (2). Ed in un terzo luogo: « L'Astronomie des Grecs est toute entière dans la syntaxe mathématique de Ptolemée » (3). Queste proposizioni si trovano adottate quasi da tutti, e con tutte le variazioni possibili. « Nous ne voyons naître l'Astronomie en Grèce qu'avec Hipparque », dice Biot (4). « Vor der Alexandrinischen Schule ist an eine wissenschaftliche Bearbeitung der Astronomie nie und nirgend zu denken », ripete alla sua volta Maèdler (5). Così cento altri di minore autorità.

Seguendo quest'idea in modo troppo assoluto, gli astronomi che si accinsèro a scriver la storia della loro scienza, non solo si occuparono assai leggermente delle speculazioni

(1) Delambre, *Histoire de l'Astronomie ancienne*, Tome I. Discours préliminaire, p. X.
(2) *Ibid.*, Tome I, p. 325.
(3) *Ibid.*, Tome II, p. 67.
(4) *Journal des Savants*, 1857, p. 10.
(5) *Populare Astronomie*, § 301.

degli Ionii, dei Pitagorici e di Platone: ma di tutti i lavori della scuola di geometri, che fiorì in Grecia fra gli anni 400 e 300 a. Cristo, o parlarono inesattamente e succintamente, o tacquero affatto. Eppure in questo intervallo, e prima che cominciasse la scuola d'Alessandria, si elaborava in Grecia il materiale degli *Elementi* d'Euclide, si inventavano e studiavano le sezioni del cono, e si imparava a risolvere i problemi per mezzo della descrizione meccanica di linee curve. Allora fu fatto un grande e memorabile tentativo per rappresentare i fenomeni celesti con ipotesi geometriche, e queste ipotesi furono messe a cimento colle osservazioni, e rettificate dove occorreva. Da queste investigazioni, a cui non mancò alcuno dei caratteri che costituiscono una ricerca scientifica nel più stretto senso che i moderni sogliono dare a tale espressione, era nato il sistema delle sfere omocentriche, per cui tant'alto si levò presso gli antichi il nome di Eudosso da Cnido. Del quale sistema, sebbene non rimanga più alcuna esposizione completa ed ordinata, tuttavia, dai cenni che ne fecero Aristotele ed Eudemo di Rodi, e Sosigene e Simplicio peripatetici, è ancora possibile ricostruire con certezza le linee principali. Ma vedi forza del pregiudizio! Eudosso non fu uno degli Alessandrini, e fu anteriore ad Ipparco; perciò gli fu negata la qualità di astronomo, anzi anchè quella di geometra [1]. Tanta originalità di concetto, tanta sottigliezza di costruzioni geometriche, tanti ingegnosi sforzi per avvicinarsi al risultato delle osservazioni, tanta ammirazione dei contemporanei, non trovarono grazia presso coloro che s'incaricarono di narrarci la storia dell'astronomia; e le sfere omocentriche procurarono ai loro autori assai maggior somma di biasimo che di lode.

Bailly, venendo a parlare del sistema delle sfere omocentriche di Eudosso, lo chiama a dirittura *assurdo* [2]. Se assurda deve chiamarsi ogni ipotesi che non concorda intieramente colla verità, si può dire che tutta l'astronomia fu una scienza assurda fino a Keplero. Bailly però scusa Eudosso, considerando lo stato rudimentale dell'astronomia di quei tempi, e gli attribuisce anzi un merito, quello di avere, colle sue assur-

(1) *Rien ne prouve qu'Eudoxe fut géomètre.* Questa enorme proposizione si trova enunciata presso Delambre, *Histoire de l'Astronomie ancienne*. Tome I, p. 131. Mostrerò più avanti in qual conto si debba tenere.

(2) Bailly, *Histoire de l'Astronomie ancienne*, p. 242.

dità, mostrata la necessità di ricorrere ad altre ipotesi. Ma invano si cercherebbe presso Bailly un' idea alquanto chiara e precisa del sistema di Eudosso.

Montucla [1] non ha inteso questo sistema meglio di Bailly, e la spiegazione che pretende di darne è intieramente illusoria. Ciò non gl' impedisce di mostrarsi anche assai più severo di Bailly, e di uscir fuori in queste parole: « On attribue à Eudoxe une sorte d' hypothèse physico-astronomique, qui répond mal à cette grande réputation qu' il eut chez les anciens... Une hypothèse aussi absurde et aussi peu conforme aux phénomènes célestes ne méritoit, ce me semble, que d' être rejetée avec mépris par les mathématiciens judicieux: mais telle étoit alors la foiblesse de l' astronomie physique, qu' elle ne laissa pas de trouver des approbateurs et même de mérite. Aristote se prit d' une belle passion pour elle, de même que Calippe et un certain Polémarque. Ils y convinrent de quelques corrections, qui la rendaient encore plus ridicule » etc. Sul medesimo tono rendono conto delle ipotesi d' Eudosso altri abbreviatori del Montucla e del Bailly, e l' ultimo storico dell' astronomia, Ferdinando Hoefer [2]: « Le système (des sphères) d' Eudoxe fut aussitôt accueilli avec enthousiasme dans toute la Grèce, peut-être parce qu' il était plus absurde que les autres... On ne porta successivement le nombre jusqu' à cinquante-six, pour arriver à les abandonner toutes, comme indignes de la science... ».

Nella grande storia di Delambre, in cui l' astronomia antica da sè sola occupa non meno di 1270 pagine in-4°, non mi è riuscito di trovare una parola sulle sfere d' Eudosso. Delambre ha letto e fatto estratti del commentario di Simplicio sui libri *de Cœlo*, e rende conto di questa sua operazione nelle pagine 301-310 del primo volume; ma sul passo così notabile di quel commento, che è la fonte principale delle nostre notizie sul sistema d' Eudosso, non trovo il minimo cenno. Forse gli sfuggì, o forse non volle annoiare il lettore con l' esposizione di cose estranee alla scuola d' Alessandria, fuori della quale per lui non v' è storia dell' astronomia. Una specie

(1) MONTUCLA, *Histoire des Mathématiques*, Nouv. Édition, Tome I, pp. 182-183.

(2) HOEFER, *Histoire de l'Astronomie*. Paris, 1873, p. 136.

d' allusione al sistema d' Eudosso sembra però si possa vedere nel seguente passo del *Discorso preliminare* (1):

« Platon conseilla aux astronomes de chercher l'explica-
« tion des mouvements célestes dans la combinaison de diffé-
« rents cercles: ils suivent ce conseil, et faute d' idées assez
« précises et de bonnes observations, ils multiplient les cercles
« outre mesure et sans aucun succès ». Se Delambre ha inteso di parlar qui delle sfere d' Eudosso (dovute, come si vedrà, all' iniziativa di Platone), convien credere che egli riguardasse tal sistema come un primo grossolano abbozzo della teoria degli epicicli. Ma è certissimo non esservi fra gli epicicli e le sfere omocentriche alcuna specie d' analogia. Questa confusione di cose così disparate si trova anche presso altri scrittori, per esempio presso Whewell, il quale nella sua *Storia delle scienze induttive* ha dato qualche cenno delle sfere d' Eudosso, e non sembra distinguerle dagli epicicli, la cui invenzione egli fa risalire ai tempi di Platone, ed anche più indietro (2). E Maedler, nella sua recente *Storia dell' Astronomia*, crede dimostrare, che le sfere d' Eudosso sono essenzialmente la stessa cosa che gli epicicli di Tolomeo, e non ne differiscono che per la maggior complicazione (3).

Il primo, che abbia impiegato qualche industria per penetrare il segreto del sistema in discorso, sembra sia stato Corrado Schaubach, il quale, fra molti studi da lui fatti sull' astronomia primitiva dei Greci, uno ne presentò, nel 1800, alla Società delle scienze di Gottinga *Sopra le idee d' Eudosso intorno al sistema planetario* (4). I risultamenti di questa investigazione furono da lui esposti nella bella *Storia dell' Astronomia greca prima d' Eratostene*, pubblicata nel 1802 (5). Malgrado la diligenza con cui questo scrittore studiò le fonti che trattano di tale materia, egli non riuscì a scoprire il nodo della questione, ed anzi fu tratto in inganno nell' interpreta-

(1) Delambre, *Hist. de l'Astr. anc.*, T. I, p. X.

(2) Whewell, *Geschichte der inductiven Wissenschaften*, edizione tedesca di Littrow, vol. I, pp. 137-139.

(3) Maedler, *Geschichte der Himmelskunde*, Erster Band, p. 47. Braunschweig, 1873.

(4) Schaubach, *Ueber Eudoxus Vorstellung vom Planetensystem.* Nelle *Gotting. gelehrte Anzeigen* del 1800, n. 54.

(5) Schaubach, *Geschichte der griechischen Astronomie bis auf Eratosthenes* (Göttingen, 1802), pp. 433-442.

zione dei numeri che Eudosso assegna alle rivoluzioni sinodiche dei cinque pianeti.

Il solo che, a mia notizia, abbia tentato con parziale successo di conoscere alquanto a fondo il meccanismo delle sfere omocentriche, e che abbia reso al loro autore la dovuta giustizia, è stato Lodovico Ideler nella sua eccellente monografia intorno ad Eudosso (1), stampata fra le Memorie dell'Accademia Reale di Berlino degli anni 1828 e 1830. Ideler riconobbe il principio fondamentale di questa teoria, e seppe, col mezzo di un globo ordinario, rendersi ragione approssimativamente del modo, con cui Eudosso spiegava le stazioni e le retrogadazioni dei pianeti, ed il loro movimento in latitudine. Tuttavia egli, avendo per le mani altra tela più vasta, non si addentrò abbastanza nello studio di quelle combinazioni di movimenti, e varie cose gli rimasero oscure, di altre non diede esatta interpretazione. Ma sempre gli resta il merito di aver fatto in questa materia il passo più importante.

Di quelli che vennero dopo Ideler, nessuno (salvo H. Martin) parve aver preso notizia del suo bel lavoro; onde anche oggidì si continua a scriver la storia delle ipotesi d'Eudosso come la scrivevano un secolo fa Montucla e Bailly. Dobbiamo eccettuare sir George Cornewall Lewis, il quale nella sua opera sull'astronomia degli antichi (2) mostra di conoscere la Memoria d'Ideler, ma non di comprenderne l'importanza; egli pure non ha inteso il senso delle durate assegnate da Eudosso alle rivoluzioni planetarie. Però giustamente riconosce, che in questo problema e nella soluzione datane da Eudosso vi doveva esser nascosta molta sottile geometria, sebbene poi non sembri credere possibile di ricondurla alla luce (3).

(1) Ideler, *Ueber Eudoxus*. Mem. dell'Acc. di Berlino, Classe istorico-filologica, anno 1828, pp. 189-212; anno 1830, pp. 49-88.

(2) Cornewall Lewis, *An Historical Survey of the Astronomy of the Ancients*. London, 1862, pp. 153-156.

(3) « It is difficult to understand how these co-revolving orbs were conceived to harmonize in producing a single resulting motion: but the Greeks, even in the time of Eudoxus, were subtle geometers, and they doubtless had formed a clear idea as to the solution of a problem which was substantially geometrical ». *An Historical Survey*, etc., p. 153. E altrove: « The theory of composite spheres, devised by Eudoxus and developed by Callippus and Aristotle, was ingenious and required much geometrical resource ». Ibid., p. 210.

Nella presente Memoria io mi sono proposto di completare e di correggere l'opera d'Ideler, e di mostrare infine agli astronomi ed ai geometri quale somma d'ingegnose combinazioni sta nascosta in ciò che ad altri è sembrato ridicolo, o non degno di attenzione alcuna. Noi vedremo messa per la prima volta in chiaro la natura di quella elegante epicicloide sferica, detta da Eudosso *ippopeda*, che è il cardine fondamentale di tutto il suo sistema. Investigheremo entro quali limiti di esattezza le ipotesi eudossiane potevano adattarsi a rappresentare le osservazioni; e da questo studio ricaveremo qualche luce (sebbene non tanta, quanta si potrebbe desiderare) per conoscere la natura delle riforme, che Callippo e Polemarco v'introdussero posteriormente. E comprenderemo ancora la necessità e la ragione di quella grande moltiplicità di sfere, che a torto fu rimproverata da chi non ne intendeva l'ufficio; e che parve cosa degna di riso e di compassione alla nostra epoca, la quale, senza saperlo, nelle teorie planetarie fa uso degli epicicli a decine e a centinaia, nascondendoli sotto il titolo di *termini periodici di serie infinite.*

Nel prender a meditare su quei monumenti dell'antico sapere, inspiriamoci, o lettore, a quel rispetto ed a quella venerazione che si devono avere per coloro, che, precedendoci in un'ardua strada, ne hanno a noi aperto ed agevolato il cammino. Con questi sentimenti impressi nell'animo ben ci avverrà d'incontrare osservazioni imperfette e speculazioni lontane dalla verità come oggi è conosciuta; ma non troveremo mai nulla nè di assurdo, nè di ridicolo, nè di ripugnante alle regole del sano ragionare. Se oggi noi, tardi nipoti di quegli illustri maestri, profittando dei loro errori e delle loro scoperte, e salendo in cima all'edifizio da loro elevato, siamo riusciti ad abbracciare collo sguardo un più vasto orizzonte, stolta superbia nostra sarebbe il credere per questo d'aver noi vista più lunga e più acuta di loro. Tutto il nostro merito sta nell'esser venuti al mondo più tardi.

II. ORIGINE DELLE SFERE OMOCENTRICHE.

Già molto prima d'Eudosso i filosofi greci (che allora erano ad un tempo e fisici e geometri ed astronomi) avevano immaginato diverse costruzioni per rappresentare in modo

plausibile le principali apparenze che si osservano nella disposizione e nel movimento degli astri. Fra altri ricordi delle opinioni cosmologiche della scuola ionica si sono conservate alcune notizie intorno a certi curiosi meccanismi che aveva supposto Anassimandro per rendersi conto del moto del Sole e della Luna in declinazione, e per spiegare i fenomeni delle eclissi. Ma da queste notizie poco si può ricavare di preciso e di soddisfacente. Più copiose sono le memorie rimaste della scuola pitagorica e di Platone. In altra lettura [1] ho descritto le ipotesi astronomiche, con cui Filolao riuscì a combinare il moto diurno dei pianeti, del Sole, e della Luna, col loro movimento periodico lungo lo zodiaco; ed ho pure indicato quanto di più certo intorno alle idee astronomiche di Platone si può ricavare dallo studio de' suoi libri. Da tale studio emerge il fatto, che ai tempi di Filolao (440 circa) non si era fatto ancora alcun tentativo per spiegare le stazioni e le retrogradazioni dei pianeti; e dal modo avviluppato con cui Platone parla di questi fenomeni nel libro X della *Repubblica* e nel *Timeo*, sembra anzi si possa inferire, che egli medesimo non avesse neppur una idea molto precisa della legge e dei periodi con cui essi avvengono. Tuttavia egli aveva potuto convincersi dell' insufficienza delle ipotesi fino allora proposte, le quali ben potevano dare un' immagine approssimativa del modo con cui si producono le apparenze più salienti del cielo, ma non giungevano però a render ragione di tutto quello, che già a quel tempo poteva constare anche dalle più sommarie osservazioni. Un' attenzione continuata aveva posto in chiaro il movimento bizzarro e variamente inflesso dei pianeti sulla sfera celeste, e Platone stesso sentiva, che a spiegarlo ben altro occorreva, che supporre ciascun pianeta portato semplicemente in giro da una sfera ad esso speciale. Ond' egli, secondo che narrò Eudemo nella sua storia dell'astronomia [2], propose agli astronomi la questione di « trovare con quali supposizioni di movimenti regolari ed ordinati si potessero rappresentare le apparenze osservate nei movimenti dei pianeti ».

Questo appello fu inteso e raccolto da Eudosso di Cnido (nato intorno al 408, morto intorno al 355), il quale era stato

(1) *I precursori di Copernico nell' antichità.*
(2) Vedi l'Appendice II in fine di questa Memoria, § 1.

già discepolo dello stesso Platone, ed acquistò grande fama non meno nella geometria che nell'astronomia. Egli era andato di poi a studiare in Egitto, secondo l'uso di molti savi di quell'epoca, e munito di lettere commendatizie d'Agesilao spartano per il re d'Egitto Nectanebo (1), aveva ottenuto la facoltà d'iniziarsi ai segreti del sapere egiziano, nei quali gli fu assegnato a maestro Conufi, sacerdote d'Eliopoli. Ivi, se crediamo a Seneca, egli apprese a conoscere i movimenti dei pianeti, di cui portò in Grecia notizie più complete di quelle che si avessero prima (2). Ciò significa, come giustamente osserva Ideler nella sua citata memoria, che Eudosso apprese in Eliopoli i periodi delle rivoluzioni planetarie, e forse le durate, le ampiezze e le diverse fasi delle loro stazioni e retrogradazioni, come ai sacerdoti egiziani risultavano dall'osservazione immediata. Nulla dà nell'antico Egitto il minimo indizio di speculazioni geometriche profonde, quali si richiedono per una vera teoria dei moti planetari (3).

Ma la qualità di geometra, che noi non siamo ancora autorizzati a concedere agli egiziani, Eudosso la possedeva in alto grado, siccome consta da molte ed autorevoli testimonianze (4). Si racconta che Platone, consultato da quei di Delo perchè li aiutasse nel problema loro proposto dall'oracolo, di duplicare l'altare in volume, conservandogli la forma cubica

(1) Non è certo se si tratti del primo o del secondo dei re egiziani di questo nome. Boeckh (*Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, pp. 136-142) sta per il primo, e mette il viaggio di Eudosso in Egitto nel secondo o nel terzo anno della centesima olimpiade (379 o 378 av. Cristo). Ideler propende per il secondo (*Ueber Eudoxus*, pp. 194-195), il quale regnò fra gli anni 362 e 354.

(2) *Eudoxus primus ab Aegypto hos motus in Graeciam transtulit.* Seneca, *Quæst. Nat.* VII, 3.

(3) Il solo fatto che sembra contraddire quest'asserzione è un'allusione al moto della Terra, trovata dal signor Chabas in un antico papiro egiziano, nel quale si dice ad un personaggio potente, che *la Terra naviga secondo la sua volontà*. Il papiro avrebbe, secondo Chabas, forse 4000 anni d'antichità; le parole sopra citate sono poste in bocca ad una persona contemporanea d'un re *Neb-ka-ra*, che si suppone anteriore alla costruzione delle grandi piramidi! Sarà forse prudente attendere, su tale spinosa questione, il risultamento di ulteriori dilucidazioni. Vedi Chabas, *Sur un texte égyptien relatif au mouvement de la Terre*, nella *Zeitschrift für aegyptische Sprache und Alterthumskunde*. Dicembre, 1864.

(4) Sono raccolte da Ideler, nella sua Memoria intorno ad Eudosso. V. *Memorie dell'Acc. di Berlino*, anno 1828, pp. 203-212.

che prima aveva, abbia risposto che conosceva solo due uomini capaci di vincere questa difficoltà, cioè Eudosso da Cnido ed Elicone da Cizico [1]. Più autentica è la testimonianza di Proclo, autore versatissimo nella storia degli antichi matematici; il quale annovera Eudosso fra quelli, che hanno fatto progredire ogni parte della geometria [2]. Eudosso infatti accrebbe il numero dei teoremi generali, tra i quali appartengono a lui quei due principalissimi della geometria solida, concernenti il rapporto della piramide e del cono al prisma ed al cilindro di ugual base e di uguale altezza. Euclide, nella composizione degli *Elementi*, prese una parte notabile del suo materiale dai libri di Eudosso [3], e si vuole che il quinto libro, il quale tratta della teoria delle proporzioni, appartenga intieramente a questo astronomo [4]. Eudosso perfezionò inoltre la dottrina delle linee curve, già iniziata da Platone, e specialmente considerò quelle che nascono dalle sezioni dei solidi. Per questo studio delle curve, e per l'uso da lui fattone nella soluzione del problema della duplicazione del cubo, Eudosso ebbe fra i geometri antichi una grandissima celebrità, onde Eratostene, citando la sua soluzione del detto problema, gli diede il titolo di *divino* [5]. Egli considerò specialmente la generazione *organica* delle curve, cioè la loro descrizione per mezzo di certi meccanismi; e noi vedremo che la sua *ippopeda* appartiene appunto alla classe delle curve meccaniche. Finalmente Proclo afferma, che Eudosso fu uno dei primi a servirsi del metodo analitico per la considerazione delle proprietà delle linee curve.

Ma la eccellenza di Eudosso come geometra è attestata ancora dalla fama dei valenti matematici usciti dalla scuola ch'egli fondò, verso l'anno 375, nella città di Cizico, sulle amenissime rive della Propontide. Fu infatti suo discepolo Menecmo, il primo che abbia studiato sistematicamente le proprietà delle sezioni del cono, e che sciolse con queste il problema della duplicazione del cubo. Menecmo era nativo di Alopeconneso, città del Chersoneso Tracio, o, secondo altri, di Proconneso, isola della Propontide vicina a Cizico; come

(1) Plutarco, *De genio Socratis*, c. 8.

(2) Procli Diadochi *in primum Euclidis Elementorum librum Commentarii*, ed. Friedlein (Lipsiae, Teubner, 1873), p. 67.

(3) *Ibid.*, p. 68.

(4) Ideler, nel luogo citato, pp. 200 e 207.

(5) *Ibid.*, p. 211.

Eudosso, studiò sui movimenti celesti; e di lui fu fratello Dinostrato, l'inventore delle *quadratrici*. Alla scuola di Eudosso appartenevano ancora Elicone ed Ateneo, ambi ciziceni, ambi geometri famosi, il primo anche astronomo e conosciuto per una predizione d'eclisse. D'Eudosso fu conoscente e da lui imparò la dottrina delle sfere omocentriche Polemarco ciziceno, che vedremo occupato a correggere quelle ipotesi astronomiche; e finalmente discepolo di Polemarco fu Callippo, anch'egli ciziceno, che dopo la morte d'Eudosso tenne in Grecia il primato dell'astronomia, e che s'impegnò a riformare, con Polemarco e con Aristotele, il sistema delle sfere omocentriche (1).

Queste notizie sull'attività matematica di Eudosso sono sufficienti senza dubbio a far comprendere, com'egli abbia potuto dare del problema proposto da Platone la soluzione elegante, che ci accingiamo a sviluppare; ed a confutare il dubbio espresso da Delambre sul valore del medesimo nelle cose di geometria (2). Aggiungerò con Ideler, che tutte le notizie rimaste di lui, concorrono a mostrarci in Eudosso un uomo di genio pratico e positivo (come oggi si direbbe), ed alieno da ogni oziosa speculazione. Per questo egli non ebbe alcuna fede nell'astrologia, che già da Babilonia cominciava ad aprirsi strada verso la Grecia; e per questo non si trova di lui, come si trova d'altri suoi contemporanei ed antecessori, che abbia espresso opinioni sopra cose inaccessibili all'osservazione ed all'esperienza de' suoi tempi. Così, per esempio, invece di speculare, come altri, sulla natura del Sole, egli si limitava a dire, che avrebbe volontieri subìto il destino di Fetonte, pur di giungere a sapere che cosa sia il Sole (3).

Tale era l'uomo, che raccolse la sfida lanciata da Platone agli astronomi del suo tempo. Per risolvere il grande problema, e per giungere ad una spiegazione razionale dei movimenti celesti, occorreva anzitutto stabilire un principio, intorno al quale tutti si potessero accordare. E questo fu, che la composizione del mondo dovesse essere ordinata secondo una legge

(1) Sulla scuola matematica cizicena ha raccolto molte importanti notizie Boeckh nella sua ultima opera, *Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, pp. 150 155.

(2) Delambre, *Astr. anc.*, I, p. 131. Vedi sopra nota (1) p. 7.

(3) Ideler, nel luogo citato, p. 198, sull'autorità di Plutarco.

unica e generale [1]. Agli astronomi greci mancava la legge fisica della gravitazione universale; dovettero dunque tenersi a leggi geometriche, sotto pena di cadere nell' arbitrario. Ora la rivoluzione quotidiana delle fisse offriva un moto circolare ed uniforme; circolare ed uniforme appariva pure il moto del Sole e della Luna alle osservazioni di quel tempo. Poichè i movimenti degli astri doveano dipendere tutti dalle medesime leggi, giustamente fu concluso per analogia, che le anomalie osservate nel corso dei pianeti dovessero esser soltanto apparenti, e dovessero risolversi anch' esse nella combinazione di più moti circolari ed uniformi. Questo assioma, di cui, per testimonianza di Gemino [2], il primo enunciato si deve ai Pitagorici, fu da tutta l' antichità posto come base inconcussa delle ipotesi astronomiche, e con ragione; infatti, checchè oggi se ne voglia dire, gli antichi fuori di esso non avrebbero trovato che l' arbitrio ed il caos. Tale assioma conservò in astronomia intiera la sua autorità fino ai tempi di Keplero, il quale sostituì il moto ellittico al moto circolare. Tuttavia Keplero stesso obbedì ancora a questo principio, quando proclamò l' uniforme descrizione delle aree; e ad esso pure obbedirono, dopo di lui, Bouillaud e Seth Ward, quando immaginarono l' *ipotesi ellittica semplice*, in cui si suppone uniforme il movimento angolare dei pianeti intorno a quel fuoco dell' ellisse, che non è occupato dal Sole. La sua autorità non fu intieramente distrutta che quando, per opera di Galileo, di Newton, e dei loro continuatori, fu escluso affatto l' elemento metafisico dallo studio della natura.

Un' altra condizione, a cui dovettero assoggettarsi i primi che specularono sulla forma dell' universo, fu quella di attribuire a tal forma la maggior possibile semplicità e simmetria di costruzione. Così, nel sistema di Filolao, le orbite dei corpi celesti formano un insieme di circoli descritti intorno ad un centro comune; e la stessa regola, od almeno una simile, si osserva nei vari schemi immaginati da Platone. A questa sup-

(1) « Ante omnia, quae ad mathematicarum rerum considerationem spectant, est principiorum sumptio, ut inter omnes convenit. Quorum primum est, mundi compositionem existere ordinatim ope unius principii administratam ». Così Dercillide filosofo platonico presso Teone Smirneo, (Theonis, *Astronomia*, ed. H. Martin, p. 327). Nessuno oserà dire che oggi occorra ragionar altrimenti.

(2) Gemini, *Isagoge ad phœnomena*, Cap. I.

posizione fondamentale si attenne pure Eudosso, e tutte le sue sfere immaginò descritte concentricamente alla Terra e intorno ad essa simmetriche [1]; onde a buon diritto fu dato loro in tempi posteriori il nome di sfere *omocentriche*. Adottando tale supposizione, il problema diventava assai più difficile, poichè a queste sfere era così tolto ogni movimento di traslazione, e non rimaneva al geometra altro modo di rappresentare i fenomeni, che quello fondato sulla combinazione dei loro movimenti rotatori; ma alla fabbrica del mondo si conservava così un'eleganza, da cui le costruzioni d'Ipparco e di Tolomeo e degli altri tutti, compreso Copernico, rimasero assai lontane, e che non trovò più l'uguale, fino ai tempi di Keplero. La concentricità delle sfere celesti avea inoltre il vantaggio di non contraddire alla testimonianza dei sensi ed alle opinioni, tuttora rispettate, degli antichi fisici. Si dovea anche cercare di esperimentare ogni cosa possibile, prima d'introdurre nel cielo un elemento di asimmetria e d'arbitrio, qual è il moto eccentrico; senza parlare della naturale ripugnanza che si dovette da principio provare ad ammettere, che i corpi celesti potessero descrivere circoli intorno a centri puramente ideali e privi di ogni contrassegno sensibile.

Eudosso immaginò dunque, press'a poco come avea fatto Platone prima di lui, che ogni corpo celeste fosse portato in circolo da una sfera girevole sopra due poli, e dotata di rotazione uniforme; suppose inoltre, che l'astro fosse attaccato ad un punto dell'equatore di questa sfera, in modo da descrivere, durante la rotazione, un circolo massimo, posto nel piano perpendicolare all'asse di rotazione della medesima. A render conto delle variazioni di celerità dei pianeti, del loro stare e retrogradare, e del loro deviare a destra ed a sinistra nel senso della latitudine, tale ipotesi non bastava, e convenne supporre che il pianeta fosse animato da più movimenti analoghi a quel primo, i quali sovrapponendosi producessero quel movimento unico, in apparenza irregolare, che appunto si osserva. Eudosso stabilì dunque, che i poli della sfera portante il pia-

[1] Vedi l'Appendice II, dove Simplicio afferma espressamente questa concentricità. Essa del resto risulta in modo evidente dall'insieme di tutti i particolari del sistema. Con questo rimane d'un tratto confutata l'opinione di quelli che hanno voluto vedere nel sistema di Eudosso il germe delle teorie epicicliche adottate più tardi da Ipparco e dagli astronomi alessandrini.

neta non stessero immobili, ma fossero retti da una sfera più grande, concentrica alla prima, girante a sua volta con moto uniforme e con velocità sua propria intorno a due poli diversi dai primi. E siccome neppure con questa supposizione si riusciva a rappresentare le apparenze per nessuno dei sette astri erranti, Eudosso attaccò i poli della seconda sfera entro una terza, concentrica alle due prime e più grande di esse, alla quale attribuì pure altri poli, ed altra velocità sua propria. E dove tre sfere non bastavano, aggiunse una quarta sfera, comprendente in sè le tre prime, portante in sè i due poli della terza, e anch' essa ruotante con propria velocità intorno a' suoi propri poli. Ed esaminando gli effetti di tali movimenti insieme combinati, Eudosso trovò che, scegliendo convenientemente le posizioni dei poli e le velocità di rotazione, si potevano rappresentar bene i movimenti del Sole e della Luna, supponendo ciascuno di essi portato da tre sfere; i movimenti più vari dei pianeti trovò richiedere quattro sfere per ciascuno. Le sfere motrici di ciascun astro suppose affatto indipendenti da quelle che servivano a muovere gli altri. Quanto alle stelle fisse, bastava una sola sfera, quella che produce la rotazione diurna del cielo. L'ordine dei pianeti serbato da Eudosso era poi identico a quello supposto da Platone; e l' insieme del sistema era quale si vede nel sottoposto quadro.

Nome ed ordine degli astri.	Numero delle sfere motrici.
Saturno	4
Giove	4
Marte	4
Mercurio	4
Venere	4
Sole	3
Luna	3

Così il numero totale delle sfere motrici riusciva di 26, più una per le stelle fisse. Quale fosse la causa di questi movimenti rotatori, e come da una sfera si comunicassero ad un' altra, non si trova che Eudosso l'abbia cercato; nè quale fosse la materia e la grossezza delle sfere stesse; nè quali fossero i loro diametri ed i loro intervalli. Soltanto appare da

[illegible] (1), che Eudosso supponeva il Sole nove volte più grande della Luna; quindi è lecito concludere, che ritenesse il primo esser nove volte più lontano della seconda. Egli poteva facilmente giungere a questa estimazione collo studio attento delle fasi della Luna nelle diverse sue elongazioni dal Sole. Eudosso adunque si astenne totalmente dal ricercare quello, che non importava al suo principale problema, alla *rappresentazione geometrica dei fenomeni*; nel che vediamo un altra prova del suo genio sobrio e rigoroso. Egli non si curò tampoco di connettere le sfere motrici con quelle del pianeta immediatamente superiore e del pianeta immediatamente inferiore, e suppose che le sfere addette al movimento di ciascun pianeta formassero un sistema isolato ed indipendente dal resto. Insomma ogni cosa porta a credere, che le sfere fossero per lui gli elementi di un'ipotesi matematica, non già enti fisici; onde a torto gli fu rimproverato d'aver [illegible] l'universo in volte di cristallo, e di averle moltiplicate [illegible] necessità.

Eudosso aveva descritto le sue ipotesi in un'opera *sulle velocità*, περὶ ταχῶν, che con tutte le altre sue cose è andata perduta (2). Aristotele, il quale fu posteriore ad Eudosso soltanto di una generazione, e trattò di questo argomento con Polemarco, che fu conoscente d'Eudosso, potè avere informazioni esatte sul meccanismo delle sfere; onde il breve ma esatto (sebbene non completo) riassunto che ne dà nel libro XII della *Metafisica* merita molta attenzione. Che Teofrasto ne abbia parlato nella sua perduta *Storia dell'Astronomia*, è probabile; [illegible] anzi che egli desse il nome di ἄναστρος (senza stelle) alle sfere destinate a muovere i pianeti (3). Certo è poi, che Eudemo trattò a lungo del sistema d'Eudosso nel secondo libro della sua storia astronomica; e da Eudemo trasse Sosigene la [illegible] da lui data con molta prolissità nel commentario [illegible] sui libri *de Cœlo*. Tal commentario è perduto; ma un lunghissimo estratto del medesimo ci fu conservato da Simplicio nel suo proprio commentario al libro II *de Cœlo*; ed è [illegible] la nostra fonte principale, la quale per conseguenza è

(1) [illegible] *Trenario*.

(2) Vedi App. II, § 2. Sarà questa una delle bellissime memorie (κάλλιστα συγγράμματα) che Diogene Laerzio narra Eudosso aver scritto.

(3) Vedi App. II.

pur essa molto degna di fede, risalendo ad Eudemo, che fu contemporaneo d'Aristotele, e di poco posteriore ad Eudosso [1]. Colla scorta di queste autorità io mi farò ora ad esporre partitamente la teoria che Eudosso aveva immaginato per ciascuno dei sette astri erranti, e comincerò dal più basso di tutti, che è la Luna.

III. TEORIA LUNARE DI EUDOSSO.

La teoria, che immaginò Eudosso per spiegare le rivoluzioni della Luna, è molto semplice. Aristotele e Simplicio (§ 3) s'accordano nel riferire, che i suoi movimenti erano prodotti in questa teoria da tre sfere ruotanti di moto uniforme; la prima delle quali e più esterna si muoveva secondo le fisse; la seconda intorno all'asse dello zodiaco; la terza secondo un circolo collocato obliquamente nella larghezza della zona zodiacale. Di queste, la prima, volgendosi da oriente in occidente, produceva la rivoluzione diurna; la seconda, volta da occidente in oriente, produceva la rivoluzione mensile. Quanto alla terza sfera, Simplicio aggiunge, che si moveva in senso contrario alla seconda, e in senso uguale alla prima; che essa aveva un lento moto di rivoluzione intorno ad un asse perpendicolare al piano del circolo, che sembra descritto dal centro della Luna; del qual piano l'inclinazione sul piano dell'eclittica era eguale alla massima digressione della Luna in latitudine. L'aggiunta della terza sfera poi era stata resa, secondo Simplicio, necessaria per ciò, che la Luna non sembra raggiungere nei medesimi punti dello zodiaco la sua latitudine più

[1] Essendo Aristotele e Simplicio le uniche fonti da cui si possono trarre notizie sull'argomento che ci occupa, ho creduto opportuno trascrivere i relativi estratti nelle App. I e II, in fine di questa memoria. L'Appendice I comprende il passo di Aristotele, e l'Appendice II il passo di Simplicio, che in gran parte è cavato da Sosigene. Essendo oggi facile aver per le mani gli originali greci, ho stampato la sola versione italiana, per uso di quei lettori cui non fosse comodo ricorrere a quelli. Il lungo estratto di Simplicio, il quale nell'originale non porta alcuna divisione, è stato da me diviso in paragrafi numerati, per comodo delle citazioni. Tutte le citazioni di Simplicio che si trovano nella presente memoria, si riferiscono a questi paragrafi dell'App. II. Le citazioni di Aristotele, quando non si noti il contrario, si riferiscono all'App. I.

boreale e la sua latitudine più australe, ma trasporta sempre questi punti tropici contro l'ordine dei segni; onde il moto della terza sfera fu supposto farsi nel medesimo senso che la rivoluzione delle fisse.

La dichiarazione di Simplicio non lascia nulla a desiderare dal lato della chiarezza; e si riconosce facilmente, che le tre sfere erano destinate a rendere ragione dei tre movimenti lunari conosciuti da Eudosso; cioè del moto diurno, del moto siderale menstruo, e della retrogradazione dei nodi dell'orbita lunare sull'eclittica. Non vi sarebbe altro da aggiungere, se l'ordine della velocità non si trovasse male indicato presso Simplicio.

Ed infatti è manifesto, che, stando le cose com'egli ha riferito, e collocando nell'ultimo luogo quella sfera, la quale si volge di moto lentissimo, ed è destinata a mostrare la retrogradazione dei nodi, la Luna non passerebbe per un dato nodo che *una sola volta* durante il periodo assai lungo che il detto scrittore attribuisce alla terza sfera, periodo che probabilmente Eudosso non ignorava esser di 223 lunazioni. Al fine di ottenere il passaggio della Luna pe' suoi nodi colla frequenza che si osserva, è necessario scambiare le velocità delle due sfere interiori; facendo cioè che la sfera più interna descriva il moto mensuale della Luna in circa 27 giorni (1) lungo un circolo inclinato sull'eclittica di una quantità uguale alla massima digressione della Luna in latitudine; che poi tale circolo obliquo sia portato in giro con moto retrogrado lungo l'eclittica dalla seconda sfera con periodo uguale a 223 lunazioni; e che finalmente ambe le sfere interiori siano aggirate secondo il moto delle fisse dalla sfera più esterna. Così tutto succede secondo l'ordine osservato; e così senza dubbio immaginava la cosa Eudosso. L'errore di Simplicio è stato riconosciuto anche da Ideler (2).

Noi sappiamo così con precisione, a qual grado di perfezione era pervenuto a quell'epoca presso i Greci lo studio dei

(1) Il lettore vedrà facilmente, che la rivoluzione della Luna e della sfera più interna deve essere supposta uguale al mese draconico, cioè all'intervallo che riconduce la Luna a' suoi nodi, che è di 27 giorni, 5 ore, 5 minuti, 36 secondi.

(2) Vedi le sue identiche riflessioni nelle Memorie dell'Accademia di Berlino, 1830, p. 77, Classe istorico-filologica.

movimenti lunari. Le osservazioni erano giunte al punto da far riconoscere il moto della Luna in latitudine, e la retrogradazione dei nodi dell'orbita lunare. Quando si considerano gl'imperfettissimi mezzi di osservazione, che si avevano in quei tempi, e quando si pensa, che forse tutto si riduceva a notare la posizione della Luna fra le stelle sopra globi grossolanamente costruiti; si dovrà concedere a quegli astronomi il merito dell'assiduità e della diligenza. Eudosso non conosceva ancora, o per lo meno non ammetteva alcuna anomalia nel moto di longitudine; ma vedremo fra poco, che Callippo intorno al 325 già ne aveva contezza, venti o trent'anni dopo Eudosso. Della diligenza con cui s'investigavano allora i movimenti della Luna, e tutto quello che ha rapporto con questo astro, fanno pur fede gli scritti di Filippo Opunzio, amico e discepolo di Platone, e coetaneo d'Eudosso; tra i quali si trovano citati un libro *Sulle grandezze del Sole, della Luna e della Terra*; un altro *Sulle distanze del Sole e della Luna*; un terzo *Sopra le eclissi della Luna* (1). Noi abbiamo già accennato, dietro l'autorità d'Archimede, che Eudosso si era occupato della proporzione della grandezza del Sole e della Luna; e lo stesso Archimede parla d'un tal Fidia, figliuolo d'Acupatre, il quale aveva studiato lo stesso problema, e stimava il Sole dodici volte più grande della Luna (2).

Ma la prova più palese dei progressi che ai tempi d'Eudosso si fecero nello studio dei movimenti lunari sta in ciò, che in questi medesimi tempi appunto s'incominciano ad aver notizie di predizioni d'eclissi fatte ed avverate coll'osservazione. Di Elicone ciziceno, discepolo d'Eudosso, si racconta, che trovandosi con Platone e con Aristippo alla Corte di Dionigi II, tiranno di Siracusa, annunziò un'eclisse solare, la quale infatti avvenne; e che da Dionigi fu perciò ricompensato col dono di un talento. Si crede che questa sia l'eclisse avvenuta il 12 maggio dell'anno 361, secondo le tavole astrono-

(1) Boeckh, *Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, p. 36. Poichè Filippo d'Opunte aveva scritto sulla grandezza della Terra, non è improbabile ch'ei debba comprendersi nel numero di quei *matematici*, dei quali Aristotele (*De Cœlo* II, 14), riferisce aver cercato la misura della Terra, e trovatala di 400,000 stadi.

(2) Archimede, nell'*Arenario*.

miche dei recenti [1]. Noi non oseremo asserire con questo, che gli astronomi greci conoscessero già il modo di tener conto delle parallassi, e che le loro predizioni di eclissi solari si avverassero sempre. È anzi credibile, che Elicone nel suo successo sia stato aiutato tanto dalla fortuna, quanto dal suo sapere. Ma non vi ha dubbio, che la cognizione del movimento dei nodi lunari già a quei tempi poneva in grado gli astronomi greci di riconoscere in quali mesi dell'anno si potevano aspettare eclissi così di Luna come di Sole, e di discernere quali erano le congiunzioni e le opposizioni eclittiche più salienti. Con queste cognizioni già si poteva tentare con successo la predizione della maggior parte delle eclissi di Luna; quanto alle eclissi di Sole, l'astronomo dovea limitarsi ad indicare le epoche in cui si potevano aspettare, e rassegnarsi nello stesso tempo a veder fallire in molti casi la sua aspettazione [2].

IV. TEORIA SOLARE D'EUDOSSO.

Intorno alla teoria solare d'Eudosso, apprendiamo da Aristotele, che essa dipendeva da tre sfere, disposte quasi nello stesso modo che le tre sfere della Luna, una delle quali si moveva secondo la rotazione diurna delle stelle, l'altra secondo lo zodiaco, la terza secondo un circolo collocato obliquamente nella larghezza della fascia zodiacale. Aristotele nota, che l'inclinazione del circolo ora nominato, rispetto al piano dell'eclittica, è pel Sole minore, che per la Luna. Nella sua esposizione, Simplicio, trascrivendo Sosigene, e riferendosi con

(1) La dimostrazione relativa si trova presso Boeckh, *Die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, pp. 153-154.

(2) Gli è del resto quanto già sapevano fare gli astronomi caldei alcuni secoli prima d'Eudosso. Infatti, non era possibile osservare le eclissi di Luna citate da Tolomeo nell'*Almagesto* come vedute in Babilonia, se gli osservatori non fossero stati già in qualche modo preparati. Tra queste eclissi ve ne sono alcune di *due* o di *tre digiti*, le quali sfuggirebbero senza dubbio anche ad un osservatore moderno, quando non ne fosse prima avvertito. E tre di queste eclissi furono osservate, nello spazio di 18 mesi, negli anni 721 e 720 prima di Cristo. Inoltre, per la maggior parte di esse è assegnato il *tempo del principio*: tutte circostanze che suppongono una attenzione preventiva. Per queste ragioni io ho creduto

questo all' opera di Eudosso περὶ ταχῶν, conferma le indicazioni d' Aristotele. Aggiunge poi, che il movimento della terza sfera non si fa (come avviene per la Luna) in senso contrario alla seconda, ma bensì nel medesimo senso (§ 2), cioè secondo l' ordine dei segni; e che tal moto è di gran lunga più lento del moto della seconda sfera. L' insieme di queste notizie mostra abbastanza quale era la natura dei movimenti solari secondo Eudosso; a meglio comprenderla ed illustrarla serviranno le osservazioni che seguono:

In primo luogo dobbiam notare, che circa le velocità delle due sfere interiori è qui caduto Simplicio nel medesimo errore che già abbiamo indicato per la Luna. Se infatti la terza sfera si muovesse, com' egli dice, con moto lentissimo sopra un circolo obliquo rispetto al piano dell' eclittica, è manifesto che il Sole si troverebbe generalmente trasportato in una latitudine boreale od australe; e le sue variazioni in latitudine essendo supposte assai lente, quell' astro nel suo moto annuo non descriverebbe già col suo centro un *circolo massimo*, come Simplicio stesso indica, ma per lo più un circolo minore, parallelo

sempre, che già ai tempi di Nabonassar i Caldei sapessero indicare almeno prossimamente le epoche per cui doveva aspettarsi un' eclisse di Luna, e che ciò facessero col ciclo di 223 lunazioni, da loro a prezzo di lunghe e continuate osservazioni inventato. Una recente scoperta è venuta a confermare ed anzi a estendere questa mia supposizione. Il signor Smith ha decifrato, non è molto tempo, una tavoletta assira, scritta in carattere cuneiforme, della quale il senso è questo: « Al re mio signore, il tuo servo Abil-Istar. La pace protegga il re mio signore, Nebo e Merodach gli siano favorevoli; gli Dei gli concedano lunga vita, salute e contentezza. Rispetto all' eclisse di Luna, per la quale il re mio signore ha inviato nelle città di Akkad, di Borsippa e di Napur, io ho fatto l' osservazione nella città d' Akkad; l' eclisse è avvenuta, e ciò invio al mio signore. Per l' eclisse del Sole, io ho fatto l' osservazione; l' eclisse non è avvenuta, e di ciò pure rendo conto al mio signore. L' eclisse di Luna, che si verificò, ha relazione cogli Hittiti, e significa distruzione per la Fenicia e per i Caldei. Il nostro signore avrà pace, e l' osservazione non indica per lui alcuna disgrazia. La gloria sia col re mio signore ». Apprendiamo da questo importante monumento le seguenti cose, fra molte altre: 1.° Che i Caldei e gli Assiri usavano, prima della caduta dell' Assiria, predire l' epoca delle eclissi lunari e solari; probabilmente a ciò impiegando il ciclo di 223 lune; 2.° Che le loro regole valevano per la Luna, ma erano soggette a mancare pel Sole, il che indica ignoranza del calcolo delle parallassi: anche Diodoro assicura la stessa cosa nel suo libro secondo; 3.° Che a questi fenomeni gli astronomi e astrologi caldei aveano saputo dar l' importanza di affari di Stato.

all' eclittica. Questa contraddizione nel rendiconto (del resto molto chiaro ed accurato, se non completo) di Simplicio mostra, che qui, come già vedemmo per il caso della Luna, il moto lentissimo deve attribuirsi alla seconda, non alla terza sfera, e farsi lungo lo zodiaco; e che il moto della terza sfera deve farsi nello spazio di quasi un anno [1] *secondo quel circolo massimo ed obliquo, che il Sole sembra descrivere col proprio centro.* Questo circolo massimo, inclinato sull' eclittica di un piccolissimo angolo, viene trasportato con moto diretto dalla seconda sfera intorno all' asse dello zodiaco, ed i suoi nodi sull' eclittica andranno così, come supponeva Eudosso, lentamente avanzando, invece di retrogradare come quelli dell' orbe lunare.

In secondo luogo vediamo, che il movimento annuo del Sole sul suo circolo si presenta qui come perfettamente uniforme. Eudosso dunque respingeva qualunque anomalia del moto solare. Dico *respingeva*, perchè egli non poteva ignorare, che, sessanta o settant' anni prima di lui, Metone ed Eutemone da diligenti osservazioni dei solstizi e degli equinozi avevano messo in evidenza il fatto, allora quasi incredibile, che il Sole non impiega tempi eguali a percorrere i quattro quadranti del suo circolo, compresi fra i punti equinoziali e solstiziali [2]. Eudosso quindi dovea necessariamente supporre eguali le durate delle quattro stagioni: di che abbiamo anche un' altra prova diretta. Infatti, in un papiro greco antico, contenente estratti dal calendario d' Eudosso, e conosciuto perciò sotto il nome di *Papiro d' Eudosso* [3], è indicato chiaramente, che

(1) Dico *quasi* un anno, perchè il Sole essendo spinto a procedere in longitudine dalle due ultime sfere, la sua velocità totale è la somma delle velocità speciali delle due sfere. Quindi la velocità nella terza sfera deve esser alquanto minore di ciò che noi chiamiamo moto medio in longitudine, e la rivoluzione nella terza sfera essere alquanto maggiore di un anno tropico.

(2) Vedi su tale argomento l'art. VII di questa memoria.

(3) Questo papiro, del quale Boeckh ha fissato con certezza l' epoca nell' intervallo compreso fra gli anni 190-193 avanti Cristo, e che contiene molti dati relativi al calendario, anche di astronomi posteriori ad Eudosso, si conserva al Museo del Louvre a Parigi. Per maggiori informazioni veggasi: Brunet de Presle, nel vol. XVIII delle *Notices et Extraits de la Bibliothèque du Roi*, parte II; Boeckh, *Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, pp. 197-226; Letronne, *Journal des Savants*, anno 1839. Estratti, che hanno relazione col presente argomento, furono pubblicati nel greco originale da Wachsmuth, in calce alla sua edizione del libro

Eudosso attribuiva alle quattro stagioni una uniforme durata di 91 giorni, eccettuato l'autunno, a cui ne assegnava 92, per aver un totale di 365 giorni in tutto l'anno.

Ma la circostanza più singolare e più degna di notizia, che si presenta nella teoria solare d'Eudosso, è la distinzione che in essa si stabilisce fra il piano fisso dell'eclittica e il piano, ivi supposto mobile, dell'orbita solare annuale. Il piano di quest'orbita si suppone, come quello dell'orbe lunare, inclinato d'un piccolo angolo costante sul piano dell'eclittica; ed ai suoi nodi, cioè alle sue intersezioni coll'eclittica, si deve attribuire, giusta Eudosso, un lento movimento secondo l'ordine dei segni. Gli storici dell'astronomia non hanno prestato sufficiente attenzione a questa ipotesi; da altri non fu interpretata bene, e fu scambiata col fenomeno, assai diverso, della precessione degli equinozi. È dunque importante considerare con qualche esattezza questo punto, per togliere l'oscurità in cui si trova ancora avviluppato. Per agevolezza del discorso daremo al fenomeno il nome di *nutazione dell'orbe solare.*

Simplicio (§ 2) assegna la ragione per la quale Eudosso introdusse la terza sfera del Sole, la quale produce quella nutazione: « *Ad Eudosso*, egli dice, *ed a quelli che furono prima di lui* (1), pareva il Sole moversi di tre movimenti, cioè di quello che segue la rivoluzione delle fisse, di quello che conduce in senso opposto per i dodici segni, e d'un terzo movimento laterale rispetto al circolo mediano dello zodiaco; il qual ultimo fu concluso da questo, che il Sole nei solstizi estivi ed invernali non sorge sempre dal medesimo luogo dell'orizzonte » (2). Apprendiamo da ciò, che già astronomi anteriori ad Eudosso supponevano nel Sole una divagazione nel senso della latitudine, e una variazione dei punti in cui suc-

De Ostentis di Giovanni Lido, pubblicata da Teubner, Lipsia 1863, pp. LIX, e 273-275. Si usa chiamarlo papiro d'Eudosso, perchè contiene scritto a tergo un acrostico di dodici versi, dei quali le lettere iniziali formano le parole Εὐδόξου Τέχνη, *Ars Eudoxi.* Secondo l'opinione di Boeckh e di Mommsen (vedi Boeckh e Wachsmuth nei luoghi citati), questo curioso avanzo dell'antichità sarebbe come uno di quei quaderni, che i Tedeschi chiamano *Collegienhefte*, nei quali gli studenti usano scrivere bene o male quanto voglion ritenere delle lezioni dei professori. Esso è infatti pieno di errori, e redatto senza ordine alcuno.

(1) Εὐδόξῳ καὶ τοῖς πρὸ αὐτοῦ.

(2) ... καὶ γὰρ καὶ τοῦτο κατείληπτο ἐκ τοῦ μὴ κατα τὸν αὐτὸν ἀεὶ τόπον ἐν ταῖς τροπαῖς ταῖς θερινναῖς καὶ χειμερινναῖς ἀνατέλλειν.

cedono i solstizi e gli equinozi. Cosa che parrà strana a chi oggi studia gli elementi dell'astronomia sui libri, ma che non era strana per nulla in uomini, i quali doveano stabilire col soccorso d'imperfette osservazioni i primissimi fondamenti della scienza. Ai primi astronomi, che si occuparono del movimento dei sette astri erranti, le deviazioni della Luna e dei cinque pianeti minori in latitudine, dovettero manifestarsi assai presto dal paragone immediato colle stelle fisse. Non era dunque per essi nè agevole, nè naturale il supporre, che, unico fra tutti, il Sole non si permettesse alcuna deviazione dal circolo mediano dello zodiaco. Forse il paragone diretto della posizione del Sole con quella delle stelle fisse vicine avrebbe potuto trarli d'inganno; ma questo paragone non era possibile allora. Le osservazioni fatte col gnomone, e la determinazione del punto dove il Sole si leva e tramonta nell'epoche dei solstizi, non erano nè sufficientemente esatte, nè facili a coordinare teoricamente colle osservazioni delle stelle. Con queste ragioni intendiamo perfettamente perchè il mito astronomico della nutazione dell'orbe solare si sia propagato a traverso tutti i secoli dell'astronomia greca, prima e dopo di Eudosso, siccome or ora diremo.

Stando all'istoria astronomica di Eudemo (che fu contemporaneo ed amico d'Aristotele), il primo a notare una ineguaglianza del corso del Sole sarebbe stato Talete, del quale si narra, che abbia trovato « il giro del Sole rispetto ai solstizi non avvenir sempre in modo uguale » (1). Il che si può intendere tanto di una variazione nel corso del Sole sulla sfera celeste, quanto di una ineguale durata dell'anno, ma forse più propriamente della prima; perchè una ineguale durata dell'anno avrebbe prodotto anomalie nel giro del Sole anche rispetto alle stelle; giro, che al tempo di Talete, e ancora molto dopo, i Greci tutti assumevano come determinatore delle stagioni, dei lavori agricoli, e quindi anche della durata dell'anno. Ora, nel passo d'Eudemo si parla del giro del Sole non rispetto alle stelle, ma rispetto ai punti solstiziali: cose che ai Greci d'allora apparivano distinte, come a noi, sebbene per ragioni assai diverse da quelle che ora noi sappiamo assegnare.

(1) Εὔδημος ἱστορεῖ ἐν ταῖς Ἀστρολογίαις, ὅτι ... Θαλῆς (εὗρε) ἡλίου ἔκλειψιν καὶ τὴν κατὰ τὰς τροπὰς αὐτοῦ περίοδον, ὡς οὐκ ἴση ἀεὶ συμβαίνει. THEONIS SMYRNAEI, *Astronomia* ediz. Martin, p. 324.

Un altro documento ci prova che l'idea di un moto del Sole in latitudine era divulgata in Grecia non solo prima di Eudosso, ma anche dopo di lui, e dietro l'autorità di lui. Nel primo libro della sua *Introduzione ai fenomeni d'Arato*, Ipparco cita il seguente passo del Commentario, che, verso il principio del secondo secolo prima di Cristo, Attalo Rodio aveva scritto sul poema Arateo: « Gli Astronomi *sogliono dare* ai tropici, « all'equatore ed all'eclittica una certa larghezza; e dicono, « la conversione del Sole non farsi sempre nel medesimo cir- « colo, ma ora più a settentrione, ora più a mezzodì. Il che « conferma Eudosso colle seguenti parole, che si leggono nel- « l'*Enoptro*: « sembra che il Sole *anch'egli* mostri qualche « differenza nei luoghi delle sue conversioni, ma *molto meno* « *manifesta*, ed affatto piccola » (1). Noi avevamo già appreso da Aristotele, che nella mente d'Eudosso le digressioni del Sole in latitudine erano minori che quelle della Luna; la frase precedente tratta dall'*Enoptro* mostra, che esse erano da lui ritenute come piccolissime, e come appena sensibili all'osservazione. Le espressioni comparative contenute in questa frase si riferiscono senza dubbio alla Luna, di cui Eudosso aveva ragionato prima. Quale fosse veramente l'inclinazione, che all'orbe solare Eudosso attribuiva, non è più possibile indagare; nulla del pari si può sapere intorno al periodo delle rivoluzioni dei nodi dell'orbe solare sull'eclittica (2), e della posizione che a questi nodi si attribuiva in un dato tempo.

Fra gli astronomi, dei quali Attalo dice, che ammettevano la nutazione dell'orbe solare, noi possiamo mettere in prima linea Callippo, il quale, come vedremo, attribuì al corso del

(1) ... λέγεται γ' οὖν ἐν τῷ Ἐνόπτρῳ οὕτως. φαίνεται δὲ διαφορὰν τῶν κατὰ τροπὰς τόπων καὶ ὁ ἥλιος ποιούμενος· ἀδηλοτέραν δὲ πολλῷ καὶ παντελῶς ολίγην. Hipparchi *in Phænomena Arati* nell'*Uranologio* del P. Petavio, p. 198. L'*Enoptro* di Eudosso era, al pari de' suoi *Fenomeni*, un trattato d'astrognosia, dove insieme colla descrizione delle costellazioni, delle coincidenze del loro levare e tramontare, si tratta dei principali circoli della sfera. L'uno e l'altro hanno formato la base principale del notissimo poema d'Arato.

(2) Da un luogo di Plinio (*Hist.* II, 47) si potrebbe forse argomentare, che il moto dei nodi si facesse in un periodo quadriennale: *Omnium quidem* (*si libeat observare minimos ambitus*) *redire easdem vices quadriennio exacto Eudoxus putat, non ventorum modo, verum et reliquarum tempestatum magna ex parte. Et est principium lustri ejus semper intercalario anno caniculæ ortu.*

Sole anche una sfera, per spiegare il moto in latitudine. Un'opinione la quale aveva a sostenitori Eudosso e Callippo, i primi astronomi del loro tempo, dovea facilmente divulgarsi, come ne fa fede il passo di Attalo. Essa trovò un primo e valente contradditore in Ipparco, il quale nell'opera citata ne fa una critica acerba, e forse anche eccessiva. Ipparco nota, che le osservazioni solstiziali fatte al gnomone non manifestano alcun moto del Sole in latitudine, e che le eclissi di Luna calcolate dagli astronomi del suo tempo, senza tener conto di quel moto, verificavano esattamente le predizioni, non differendo la grandezza osservata dalla calcolata, che di due digiti al più, ed anche questo raramente (1). Ciò malgrado, troviamo notizie dell'ipotetica nutazione presso scrittori anche molto più recenti d'Ipparco. Plinio, descrivendo nel secondo libro della *Storia naturale* la diversa inclinazione del corso dei pianeti rispetto all'eclittica (2), così s'esprime rispetto al Sole: « *Sol deinde medio (signifero) fertur inter duas partes flexuoso draconum meatu inaequalis*: » colla qual fantastica combinazion di parole intende dire, che il Sole descrive una linea sinuosa in mezzo allo zodiaco, scostandosi dall'eclittica di un grado da ambe le parti. Questo è reso anche più manifesto dalle parole che vengono dopo: « *Martis stella, quatuor mediis: Iovis media et super eam duabus, Saturni duabus, ut Sol* ». Fra i numerosi autori, dai quali Plinio tolse il materiale pel suo libro secondo, è impossibile indovinare quello, da cui ha potuto aver origine questa notizia.

Ma una teoria completa sulla nutazione dell'orbe solare si trova presso Adrasto Afrodisiense, filosofo peripatetico e matematico, il quale viveva verso la fine del primo secolo, o verso il principio del secondo secolo di Cristo, giusta quanto congettura H. Martin (3). Copiosi estratti di un suo libro sull'astronomia formano la maggior parte del libro di Teone Smirneo, pubblicato nel 1849 dallo stesso Martin con dottissimo

(1) Hipparchi, *in Phœn. Arati*, pp. 198-199 dell'*Uranologio*. Questa testimonianza non sospetta è passata probabilmente inavvertita da coloro, i quali sostengono, che prima d'Ipparco non v'era astronomia in Grecia.

(2) Plinii, *Hist. Mundi*, lib. II, c. 16.

(3) H. Martin, *Dissertatio de Theonis Smyrnaei astronomia*, premessa all'edizione qui sopra citata di Teone, p. 71. Teone sembra fosse di poco ad Adrasto posteriore.

apparato letterario e scientifico, sotto il titolo: *Theonis Smyrnæi Platonici liber de Astronomia*, Parisiis, 1849. Nel capo XII di quest' opera, Teone, seguendo Adrasto, narra dei movimenti che gli astri erranti (il Sole compreso) hanno in latitudine; enumerando poi le digressioni massime di ciascuno dall'eclittica, dice (1): « Il moto del Sole secondo la latitudine nello zodiaco, è affatto piccolo, in tutto una parte sopra 360 ». Con che è da intendersi, la digressione massima del Sole dalle due parti dell'eclittica essere di mezzo grado. E dopo indicate le digressioni degli altri pianeti, prosegue: « Ma la Luna e il Sole si scostano in latitudine dall' eclittica in modo eguale da ambe le parti, ed *in ogni segno* ». Le quali ultime parole accennano al moto dei nodi dell'orbita lunare e solare sopra l' eclittica. Nel capo XXVII poi (2), discorrendo dei periodi in cui la longitudine, la latitudine e la distanza del Sole dalla Terra ritornano ad esser le medesime, dice: « Per il Sole le restitu-
« zioni di longitudine, di latitudine, di distanza, e della così
« detta anomalia, sono tanto vicine fra loro, che ai più dei
« matematici sembrano affatto eguali, cioè di 365 $^1/_4$ giorni.
« Ma quei che considerano la cosa con maggior esattezza,
« credono, che il tempo della rivoluzione in longitudine, cioè
« del ritorno del Sole da un punto al medesimo punto, da un
« solstizio al medesimo solstizio, o da un equinozio al medesimo
« equinozio, sia circa quello che abbiamo già detto (365 $^1/_4$
« giorni); onde avviene che il Sole dopo quattro anni ritorna
« alla medesima longitudine nella medesima ora del giorno.
« Il tempo della restituzione d'anomalia, durante il quale ri-
« torna alla massima od alla minima distanza dalla Terra, alla
« massima od alla minima velocità apparente, alla massima
« od alla minima grandezza apparente, credono esser di giorni
« circa 365 $^1/_2$; e dopo due anni ritornare il Sole ad esser da
« noi egualmente distante alla medesima ora del giorno. E il
« tempo della restituzione secondo la latitudine, cioè quello

(1) Theonis, *Astr.*, ediz. Martin, p. 174.

(2) *Ibid.*, pp. 260-262. Nei numeri 365 $^1/_4$, 365 $^1/_2$ e 365 $^1/_8$, il codice greco parigino impiegato da H. Martin per la sua edizione, conteneva alcuni errori, sulla cui evidente rettificazione H. Martin non ha alcun dubbio. I medesimi errori si trovano *ad unguem* ripetuti nei due codici, che dell' astronomia di Teone possiede la Biblioteca Ambrosiana di Milano, siccome ebbe la cortesia di verificare per me il degnissimo suo bibliotecario Antonio Ceriani.

« in cui dal punto più australe o più boreale [1] ritorna al « medesimo punto in modo da produrre di nuovo ombre iden- « tiche coi medesimi gnomoni, credono essere di 365 $^1/_8$ giorni; « e il Sole dopo otto anni di nuovo trovarsi avere la medesima « latitudine alla medesima ora del giorno ». Finalmente nel capo XXXVIII [2], si trova quanto segue: « Il circolo del Sole « sembra percorrere quasi la medesima via che l'eclittica; « però con alquanta inclinazione, in modo da dipartirsi dal- « l'eclittica di circa mezzo grado da ambe le parti ».

Ecco dunque sulla nutazione dell'orbe solare un insieme di idee ben definite e di dati numerici, che certamente non deriva da Teone, nè da Adrasto, ma da qualche astronomo anteriore ad ambidue. Il polo dell'orbe solare mobile dista qui *mezzo grado* dal polo fisso dell'eclittica; e il primo si avvolge intorno al secondo, descrivendo un piccolo circolo di un grado

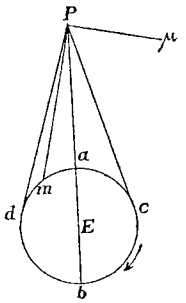


Fig. 1.

di diametro. La velocità di questo movimento poi è tale, che mentre il Sole impiega 365 $^1/_4$ giorni a descrivere tutta la longitudine di 360, per ritornare al medesimo punto della sua orbita mobile gli bastano 365 $^1/_8$ giorni; dal che consegue, che il moto di quell'orbita è *retrogrado*, e che si compie in tanti anni, quante volte la differenza dei due periodi, cioè $^1/_8$ di giorno, sta in 365 $^1/_4$ giorni; dunque *in 2922 anni.*

Le conseguenze geometriche di queste ipotesi sono agevoli a vedere. Sia (fig. 1), sulla sfera celeste, P il polo dell'equatore,

(1) Intendansi queste espressioni rispetto alla latitudine, e non rispetto alla declinazione.

(2) THEONIS, *Astr.*, ediz. Martin, p. 314.

E quello dell'eclittica, l'arco PE l'obliquità; *abcd* rappresenti il piccolo circolo di diametro $ab = 1°$ descritto dal polo dell'orbe solare in 2922 anni nel senso indicato dalla saetta, contrariamente all'ordine dei segni. Trovandosi ad un istante qualunque questo polo in *m*, sarà in quell'istante *Pm* l'inclinazione dell'orbe solare rispetto all'equatore celeste, e la direzione dell'arco *Pm* sarà in pari tempo quella del coluro dei solstizi, la direzione perpendicolare $P\mu$ quella del coluro equinoziale. La massima inclinazione dell'orbe solare sull'equatore sarà *Pb*, la minima *Pa*, e la sua variazione lentissima dal massimo al minimo sarà di un grado (1). La direzione dei coluri avrà poi intorno a P un moto libratorio, di cui i limiti saranno (pel coluro solstiziale) le direzioni *Pc*, *Pd*, e l'ampiezza totale sarà l'angolo *cPd*. Posto $PE = 24°$, si ha l'angolo $cPd = 2° 28'$; e tale sarà pure l'ampiezza del moto oscillatorio dei punti equinoziali sull'equatore (2). La massima velocità di questi punti corrisponderà alla posizione *a* del polo dell'orbe solare; in tal circostanza gli equinozi avanzeranno di 9″,71 sull'equatore ogni anno. Un altro massimo corrisponde ad un moto retrogrado degli equinozi, quando il polo dell'orbe solare è in *b*: la retrogradazione annua sull'equatore è allora di 9″,33. Da questo appare, che le supposizioni riferite da Teone non sono state immaginate, come alcuno potrebbe forse sospettare, per dare una spiegazione del moto dei punti equinoziali scoperti da Ipparco. Questo moto infatti è uniforme ed assai più celere, ed importava, secondo Ipparco, 36″ annui lungo l'eclittica; onde, volendo trasportarlo sull'equatore (supporre cioè che l'eclittica si muova lungo l'equatore), rimane ancora di 33″.

Non è facile dire a quale degli antichi astronomi appartenga la teoria precedente. Le durate 365 $^1/_8$, 365 $^1/_4$, 365 $^1/_2$ assegnate per le restituzioni di latitudine, di longitudine e di anomalia sembrano calcolate nello scopo di ricondurre la me-

(1) Non è dunque geometricamente, ma solo prossimamente vero quanto dicono Adrasto e Teone, che in capo a 365 $^1/_8$ giorni *le ombre degli stessi gnomoni tornano ad essere identiche*: infatti, in tale intervallo l'obliquità del circolo solare rispetto all'equatore ha potuto cambiare, secondo questa teoria, di una piccola quantità.

(2) Non è dunque geometricamente, ma solo prossimamente esatto quanto dicono Adrasto e Teone, che in capo a 365 $^1/_4$ giorni il Sole ritorna da un equinozio al medesimo equinozio; perchè frattanto i punti equinoziali, in forza del loro moto libratorio, si saranno spostati di una piccola quantità.

desima posizione del Sole alla medesima ora in capo ad otto anni, siccome espressamente nota Teone. Pare dunque che queste determinazioni siano coordinate al celebre periodo dell'*ottaeteride*, il quale, prima che Metone pubblicasse il suo aureo ciclo di 19 anni, serviva ai Greci per connettere alla meglio il loro calendario col moto del Sole e della Luna. Parecchi astronomi si occuparono di questo periodo, anche dopo l'invenzione di Metone; fra essi sono nominati Eudosso, Arpalo, Nautele, Mnesistrato, Dositeo ed Eratostene. Ad Eudosso non si può certamente ascrivere la teoria precedente; prima, perchè il moto dei nodi solari secondo lui è *diretto*, mentre qui appare *retrogrado*: secondo, perchè da Plinio apprendiamo (vedi la nota 2 a p. 28) che le variazioni dei fenomeni erano da lui messe in relazione con un ciclo quadriennale, non con un'ottaeteride. Sembra anzi, che l'*ottaeteride* attribuita ad Eudosso fosse opera di altro autore, forse Dositeo [1], amico e contemporaneo d'Archimede. Nè certamente si potrà pensare di fare Eratostene autore della nutazione solare citata da Adrasto e da Teone, essendo abbastanza certo, che Eratostene supponeva fissa e costante l'obliquità dell'eclittica.

In ogni caso il fatto, che astronomi come Dositeo ed Eratostene, si occuparono ancora dell'ottaeteride dopo le invenzioni di Metone e di Callippo, dimostra, che quel ciclo, il quale aveva perduto ogni opportunità come sistema di lune intercalari, conservava però qualche importanza d'altro genere; ed è difficile immaginarne un'altra, che non derivasse dalle restituzioni di certi periodi relativi al Sole. Ma più oltre non è possibile procedere in questa indagine.

Qualche altra luce sulla storia della nutazione solare ci porge Marziano Capella, il quale trascrivendo, a quanto sembra, il libro dell'*Astronomia* di Terenzio Varrone, dice quel che segue sul movimento dei pianeti in latitudine [2]: *Alia (sidera) per tres (latitudinis) partes deferuntur: alia per quatuor: alia per quinque: alia per octo: quædam per omnes duodecim deferuntur. Sol in nullam excedens partem in medio libramento fertur absque ipso Libræ confinio. Nam ibi se aut in Austrum Aquilonemque deflectit ad dimidium fere momentum.* Il Sole dunque seguirebbe esattamente l'eclittica nel suo corso annuale, eccetto

(1) V. Ideler, *Ueber Eudoxus*. Mem. di Berlino, 1830, pp. 61-62.
(2) Martiani Capellæ, *De Nuptiis Philologiæ et Mercurii*, lib. VIII.

che nel segno della Libra, dove ha luogo una deviazione di circa mezzo grado verso mezzodì o verso settentrione! Evidentemente questa notizia del compilatore africano, passando di penna in penna, divenne corrotta ed inintelligibile. Il senso primitivo era forse questo: che il Sole non si scosta mai in modo sensibile dall'eclittica, e che soltanto nella Libra (e nell'Ariete per conseguenza) la sua latitudine arriva a mezzo grado. Con questa interpretazione noi acquistiamo la notizia, che i nodi dell'orbita solare si supponevano, dagli autori primitivi di questi dati, coincidere coi punti solstiziali, e le massime digressioni del Sole in latitudine coi punti equinoziali [1]. E tal congettura acquista vie maggior peso dal fatto, che una indicazione interamente parallela a quella di Marziano Capella, e nondimeno procedente da fonte diversa, si trova in un trattato latino: *De Mundi cœlestis terrestrisque constitutione*, il quale va stampato fra le opere del venerabile Beda, e viene a lui attribuito, sebbene l'epoca della sua composizione sia, per indizi manifesti, posteriore a Carlo Magno [2]. In questo scritto

(1) Ho qualche ragione di credere, che per le notizie sul moto del Sole in latitudine, Teone Smirneo (o Adrasto), e Marziano Capella (o Terenzio Varrone che fornì quasi tutta la materia del libro VIII al compilatore africano) rappresentino una medesima fonte: infatti, non solo ambidue si accordano ad assegnare al Sole la digressione di un mezzo grado; ma *tutte le digressioni dei singoli pianeti in latitudine da essi assegnate sono identiche*, e ad un tempo più o meno diverse da quelle che si trovano indicate in Plinio ed in Cleomede. A ciò si aggiungano altri notevoli parallelismi, per esempio il trovarsi in ambidue gli autori la notizia del moto eliocentrico di Venere e di Mercurio. Se così sta veramente la cosa, e se le tradizioni conservate da Marziano e da Teone derivano da una medesima radice, possiamo dire che la notizia data da Marziano sul luogo dei nodi solari serve a completare l'esposizione di Teone, dove appunto questa notizia manca.

(2) Bedae *presbyteri Anglo Saxonis opera*. Coloniæ 1612, volume I, pp. 323-344. In tre luoghi, pp. 329, 331, 332, si cita l'*Historia Caroli* o le *Gesta Caroli*. A p. 324 poi è citato Beda stesso. Di Beda consta che nascesse nell'anno 671: è dunque impossibile che abbia vissuto con Carlo Magno. Inoltre, nel catalogo delle sue opere, da lui redatto nel 59° anno dell'età sua (vedi la *Vita di Beda* che precede l'edizione succitata di Colonia), non si trova indicato il libro *de Mundi cœlestis terrestrisque constitutione*. Beda morì poco dopo l'epoca del suddetto catalogo, a quanto pare, nel 731 o nel 733. Le citazioni relative alla Storia di Carlo Magno si trovano effettivamente negli annali dei Carolingi, sotto gli anni 798 e 807. Si raffrontino quelle citazioni cogli *Annales Bertiniani* presso Muratori, *Rerum Italicarum Scriptores*, vol. II, pp. 504 e 506. Si conclude

si legge: *Sol duas medias* (*zodiaci partes*) *servat, nec illas, nisi in Libra, excedit* (1). Si ha dunque qui una escursione di due gradi in latitudine, come quella a cui accenna Plinio; anche le escursioni degli altri pianeti, accennate in quell'opuscolo, coincidono meglio con quelle date da Plinio, che con quelle degli altri autori (2). Pur tuttavia in questa tradizione, che è diversa da quella seguita da Marziano Capella, si colloca nella Libra la massima digressione del Sole dall'eclittica, come fa Marziano. Da questo sembra si possa concludere con qualche probabilità, che i diversi astronomi, ai quali piacque ammettere la nutazione dell'orbe solare, differivano circa l'ampiezza di questa nutazione, ma si accordavano però a collocare al loro tempo nella Libra il luogo (od uno dei luoghi) della massima digressione del Sole dall'eclittica.

In tale supposizione i nodi dell'orbe solare sull'eclittica coincidevano coi solstizi, o non erano molto distanti. Una considerazione attenta della figura prima mostra che in tal circostanza il movimento del coluro equinoziale era nullo o quasi nullo: il che conferma quanto già sopra abbiamo dimostrato, che l'ipotesi della nutazione solare non fu creata per dar spiegazione di un movimento dei punti equinoziali. Eudosso, Teone,

che il trattato in questione non può risalire al di là del secolo IX, ed è posteriore a Beda almeno di un secolo.

(1) Bedae, *opp.* vol. I, p. 329.

(2) Plinii, *Hist. nat.* II. Ecco il paragone delle escursioni totali in latitudine dei sette astri erranti, secondo Cleomede (C), Marziano (M), Teone (T), Plinio (P), e il falso Beda (B). I numeri di Cleomede possono considerarsi anche come rappresentanti l'opinione di Posidonio, e si trovano nella *Teoria ciclica*, libro II, cap. 7.

Pianeti	C	M	T	P	B
☽	10+	12	12	12	12
☉	0	1	1	2	2
☿	8	8	8	8	8
♀	10	12	12	14	14
♂	5	5	5	4	4
♃	5	5	5	3	5
♄	2	3	3	2	3

Ove si vede la perfetta identità dei dati di Marziano e di Teone, a cui ho fatto allusione nella nota (1) alla p. 34.

Plinio, Marziano Capella, il falso Beda non conoscono affatto la precessione. All'opposto, la coincidenza dei nodi solari coi punti solstiziali produce una variazione comparativamente rapida dell'obliquità del circolo solare, la quale nelle supposizioni numeriche riferite da Teone Smirneo, importerebbe circa 4″ ogni anno. Di siffatta variazione dell'obliquità, adunque, gli antichi inventori di questa ipotesi avrebbero creduto potersi convincere col mezzo delle osservazioni del gnomone, o del luogo dove sorge sull'orizzonte il Sole solstiziale.

Prima di abbandonare questo curioso soggetto, è mio dovere di notare, che Bailly ha interpretato il movimento della terza sfera solare di Eudosso [1], come un indizio, che a quei tempi già si avesse un'idea della variazione dell'obliquità dell'eclittica; seguendo poi le idee del secolo scorso, congettura che Eudosso avesse potuto imparare in Egitto questa nozione. Ma allorquando si pensa, che la variazione dell'obliquità suddetta non arriva a mezzo secondo in un anno, e richiede quindi 7200 anni per sommare ad un grado; e quando si riflette, che ai tempi d'Eudosso l'ampiezza di un grado ancora si confondeva fra gli errori di osservazione, non saremo troppo disposti a concedere all'opinione di Bailly molta probabilità. Malgrado la diligenza degli osservatori Alessandrini e quella degli Arabi e degli Europei, l'obliquità dell'eclittica fu ritenuta come costante ancora ai tempi di Ticone, e non sono ancora 200 anni che la sua diminuzione è generalmente ricevuta dagli astronomi.

Con maggior apparenza di verità, il professore Lepsius, nella sua classica opera *Sulla cronologia degli Egiziani* [2], ha interpretato il movimento della terza sfera solare di Eudosso come un indizio, che Eudosso già avesse cognizione della precessione degli equinozi, e che l'avesse imparata dagli Egiziani. Escludendo per ora gli Egiziani da questo discorso, io esaminerò soltanto la parte che concerne Eudosso, e porrò la questione: 1.° la terza sfera solare d'Eudosso può interpretarsi in un senso consentaneo ad un movimento di precessione? 2.° si ha nel sistema d'Eudosso qualche argomento decisivo per attribuirgliene o per negargliene la cognizione?

(1) Bailly, *Historie de l'Astronomie ancienne*, p. 242, Paris, 1775.
(2) Lepsius, *Chronologie der alten Aegypter*, Berlin, 1849, pp. 196-210.

Relativamente alla prima di queste due questioni, sembra che le ricerche precedenti non possano lasciare il minimo dubbio. Infatti le testimonianze di Aristotele, di Attalo Rodio e di Simplicio, che qui sopra abbiamo addotto, si accordano perfettamente fra loro. Inoltre, per quanto riguarda Aristotele e Simplicio, pare che non vi possa esser dubbio circa alla loro esattezza e credibilità. Aristotele, come vedremo, si occupò in modo affatto speciale delle sfere omocentriche, ed Eudemo, il quale ha fornito tutte queste notizie a Simplicio, ne parlò distesamente nella sua *Storia dell'astronomia*. Ambidue erano in relazione con Callippo, il riformatore del sistema; ed il libro di Eudosso περὶ ταχῶν era ancora nelle loro mani. L'interpretazione più naturale e più semplice delle loro relazioni conduce senza alcuna dubbiezza all'ipotesi della nutazione dell'orbe solare. Questa poi non compare qui come fatto isolato nella storia dell'astronomia; ma si trova adottata e modificata anche presso altri astronomi, di cui Plinio, Teone, Marziano Capella, e il falso Beda ci apportarono le tradizioni con maggiore o minore esattezza.

Lepsius, prendendo in esame la terza sfera solare d'Eudosso, discute anch'egli le testimonianze di Attalo, di Aristotele e di Simplicio, e consacra una serie di sottili ricerche ad investigare se i loro testi, con qualche lata interpretazione, consentano che s'introduca la precessione invece della nutazione così chiaramente indicata. Dopo vari inutili tentativi, egli riconosce, che un indizio di precessione non si può supporre, senza attribuire a quei testi un senso improbabile, o senza contraddire direttamente ai medesimi, o senza supporre che gli espositori della costruzione d'Eudosso non l'abbiano ben capita (pp. 201-204). Ripugna tuttavia al dotto egittologo l'ammettere, che Eudosso abbia potuto attribuire al Sole un movimento affatto immaginario (p. 204), e creare una sfera appositamente per ispiegarlo. Credo che questa ripugnanza gli sarebbe sembrata minore, se nel fare tali ricerche egli avesse tenuto sott'occhio quello che del medesimo movimento immaginario lasciarono scritto Teone, Plinio, Capella ed il falso Beda; i quali provano, che, in un certo tempo e presso una certa scuola di astronomi, la nutazione dell'orbita solare fu riguardata come una parte essenziale della teoria di questo astro.

Un'altra difficoltà ad ammettere la nutazione solare presso Eudosso egli trova nelle critiche, con cui Ipparco accompagna

la citazione del testo più volte nominato di Attalo [1]. Ora in questo luogo Ipparco confuta l'opinione di Attalo, che i circoli celesti possano avere una larghezza finita, e ciò fa con ragioni astronomiche. Parimenti dimostra, con varie citazioni di Arato, che questo poeta non aveva quell'opinione. Ma che da tali ragionamenti di Ipparco risulti qualche cosa relativamente ad Eudosso, come tenta mostrare il Lepsius (p. 204), è quanto non saprei vedere. La teoria della nutazione solare non implica alcuna larghezza finita dell'eclittica, come non l'implica il movimento della Luna e degli altri pianeti in latitudine. In essa teoria il circolo descritto dal Sole è un circolo matematico, sebbene mobile di posizione. Onde, dato pure che Attalo citasse a torto Eudosso come fautore della larghezza finita dei circoli celesti, nulla ne deriverebbe, nè pro nè contro, nella questione che ci occupa.

Lepsius non può credere, che Eudosso abbia voluto introdurre una sfera per ispiegare una aberrazione così poco sensibile, com'è quella a cui accennano le parole dell'*Enoptro*, mentre altre ineguaglianze assai più rilevanti furono da lui neglette. Ma dal momento che Eudosso ammetteva una deviazione del Sole dall'eclittica, questa deviazione, grande o piccola, reale od immaginaria che fosse, egli era obbligato a comprenderla nelle sue ipotesi matematiche. Altre assai maggiori ineguaglianze (p. e. l'eccentricità dell'orbe lunare) non furono da lui introdotte, perchè le osservazioni imperfettissime di quel tempo non le aveano ancor manifestate. Nella storia dell'astronomia occorrono molti esempi consimili di minuzie puramente immaginarie tenute in calcolo, mentre si negligevano fenomeni reali, di molto maggior entità. Addurrò soltanto la *trepidazione delle fisse* e la *nutazione dell'asse terrestre*, secondo Copernico.

Ponderata ogni cosa, sembra al professor Lepsius che la minor somma di difficoltà stia nella supposizione, che Eudosso abbia ricevuto dall'Egitto la precessione non solo, ma anche la teoria delle sfere omocentriche; che nello studiarla egli non si sia reso conto esatto delle funzioni della terza sfera solare, la quale gli Egiziani avrebbero appunto incaricato di produrre la precessione; e che Eudosso medesimo, o gli espositori delle

(1) Petavii, *Uranologion*, p. 199.

sue dottrine, abbiano finito per assimilarla alla terza sfera della Luna, attribuendole movimento e posizione analoga. Con che sarebbe nata l'idea della nutazione dell'orbe solare. Ecco a un dipresso le ragioni principali cui appoggia questa congettura.

Eudosso, ci assicura Seneca, fu il primo a trasportare dall'Egitto in Grecia la notizia dei movimenti planetari (1). Diodoro afferma, che gli Egiziani da tempo immemorabile osservavano questi movimenti, e che con ispeciale esattezza ne notavano i periodi, le stazioni e le retrogradazioni (2). Aristotele assicura, all'occasione di una occultazione di Marte da lui veduta, che di simili annotazioni su tutti i pianeti si potevano trovare nelle antiche osservazioni degli Egiziani e dei Babilonesi (3). Si può dunque riguardare come verosimile, che Eudosso traesse dall'Egitto le cognizioni astronomiche positive, che formano la base del sistema delle sfere. Anzi, osservando che in certi monumenti egiziani (4) si trovano le figure della dea del cielo ripetute l'una dentro dell'altra e concentricamente e similmente disposte, Lepsius crede di vedere in quelle null'altro che una rappresentazione simbolica delle sfere omocentriche del cielo (p. 199), e ne trae argomento per credere, che Eudosso sia stato preceduto dagli Egiziani nell'ideare il suo sistema. A ciò sembra alludere anche Simplicio, quando dice (§ 2), che « ad Eudosso, e *a quelli che furono prima di lui*, il Sole pareva moversi di *tre* movimenti ». Congetturando che i predecessori d'Eudosso siano i sacerdoti d'Egitto, Lepsius tiene per verosimile, che nel terzo di quei movimenti sia da ravvisare la precessione, e che Eudosso non trovando questo movimento confermato dalle osservazioni a lui note, non abbia inteso bene i suoi maestri, e supposto in quella vece un movimento che non esiste, cioè la nutazione dell'orbe solare. Nè contento di accennare in modo generale a questo possibile errore dell'astronomo di Cnido, Lepsius cerca ancora di mostrare qual posizione e movimento avevano potuto dare gli Egiziani alla supposta sfera della precessione.

(1) Vedi sopra nota (2), p. 13.

(2) Diodoro, I, 81.

(3) Aristotele, *De Cielo* II, 12.

(4) Per esempio, nel tempio di Dendera in vicinanza del famoso zodiaco circolare, nel tempio di File, e in quello d'Hermonthis. Vedi Denon, *Viaggio nell'alto e basso Egitto*, tav. 130.

Egli comincia dallo stabilire, che se Eudosso e gli Egiziani conobbero una precessione, questa dovette consistere in un moto dell'eclittica lungo l'equatore, non già, come l'intendiamo noi, dell'equatore lungo l'eclittica [1]. Il movimento dell'equatore e dei poli dell'asse del mondo, come oggi si conosce, era una supposizione troppo lontana dalle idee dell'antichità, per la quale i poli dell'equatore erano il sostegno incrollabile di tutto l'universo. Era questa dunque degli Egiziani una specie di *precessione equatoriale*, in cui i poli dell'eclittica si supponevano girare intorno ai poli dell'equatore in un periodo, al quale, dietro diverse indicazioni degli autori, Lepsius assegna una durata di 36000 anni [2]. Perciò egli dà alle supposte sfere degli Egiziani la seguente disposizione. Prima e più esterna, la sfera del moto diurno intorno ai poli immobili del mondo. Alla seconda sfera attribuisce il moto annuo del Sole per l'eclittica intorno ai poli di questo circolo. Alla terza sfera assegna i medesimi poli che alla prima, ed un lentissimo moto retrogrado in 36000 anni, e crede che essa valga a produrre la precessione equatoriale di cui sopra. E questa egli reputa analoga alla terza sfera lunare d'Eudosso. Ma è facile convincersi, che in questo modo non si raggiunge lo scopo prefisso. Infatti i poli della terza sfera essendo fissati sulla seconda, partecipano al movimento di questa, e sono aggirati ogni anno intorno ai poli dello zodiaco. Se quindi, in un dato istante, i poli della terza sfera coincidevano con quelli del mondo, dopo sei mesi ne saranno lontani di quasi 48 gradi, cioè di quanto importa il doppio dell'obliquità dell'eclittica. E l'effetto della terza sfera sarà, non di produrre una precessione equatoriale, ma di portare il Sole successivamente in latitudini sempre maggiori, e di allontanarlo col tempo dal circolo dell'eclittica fin quasi a 24°.

Si può anzi dimostrare, che con nessuna disposizione di

(1) L'interpretazione della precessione al modo d'Ipparco, come un moto della sfera stellata intorno ai poli dell'eclittica supposta fissa come l'equatore, non può qui entrare in calcolo; perchè alla sfera delle fisse Eudosso attribuiva un solo movimento, come fecero tutti gli antichi prima del grande astronomo di Nicea.

(2) Per effetto della precessione, le stelle dell'equatore cambiano la loro ascensione retta, secondo le formule moderne, di 46″ all'anno; tanto dunque è l'importo della precessione apparente rispetto all'equatore. Ciò darebbe una rivoluzione intiera in 28170 anni.

tre sfere diversamente fra loro inclinate è possibile ottenere una precessione equatoriale, se non quando si scambino di luogo la seconda e la terza sfera di Lepsius, attribuendo alla prima e più esterna il moto diurno intorno all'asse del mondo, alla seconda il moto precessionale *intorno al medesimo asse* e nel medesimo senso, alla terza il moto annuo intorno all'asse dell'eclittica. Ma è palese, che l'effetto delle due prime sfere, le quali si aggirano intorno all'asse del mondo, può esser prodotto da una sola, dando a questa lo stesso asse, e una velocità eguale alla somma delle due velocità di quelle. Se dunque veramente Eudosso, che era valente geometra, o gli Egiziani, avessero voluto introdurre la precessione nella loro teoria del Sole, l'avrebbero composta di due sfere sole. Alla prima di esse avrebbero assegnato un movimento intorno all'asse delle fisse, e con una velocità uguale a quella delle fisse, sommata con quella del moto precessionale; alla seconda un movimento intorno all'asse dello zodiaco secondo l'ordine dei segni, con periodo uguale all'anno tropico.

Poichè Eudosso non adottò tale combinazione di due sfere, che sola poteva produrre la precessione equatoriale, dobbiamo considerare come certo, che *la terza delle sue sfere solari indica altra cosa che la precessione*; e quest'altra cosa è la nutazione dell'orbe solare. E poichè egli attribuì alla prima delle sfere del Sole una velocità esattamente uguale a quella delle stelle, dobbiamo concludere, che egli *non ebbe alcuna idea di una precessione intorno al polo dell'equatore*, della quale gli sarebbe stato facilissimo dar conto solo col modificare lievemente la velocità della sua prima sfera. E con questo si è risposto ad ambedue le questioni enunziate in principio.

Per quanto riguarda l'origine egiziana delle sfere omocentriche, essa sembra appartenere a quegli argomenti, di cui l'affermazione è altrettanto destituita di prove, che la negazione. Nel secondo articolo di questa memoria si è cercato di far vedere, come il sistema d'Eudosso si connetta al progresso precedente dei Greci nelle idee sulla struttura del mondo. Un intervento d'idee straniere non sembra qui necessario; non voglio però negarne la possibilità. Anche mi guarderò dal contestare la bellissima interpretazione data dal Lepsius sulle figure concentriche della dea celeste, rappresentata su certi monumenti egiziani, nelle quali egli ravvisa l'idea delle sfere; non è da tacer tuttavia, che i templi di Tentira, di File e di Hermonthis,

dove queste figure stanno scolpite, sono tutti dell'epoca greca e romana, quindi posteriori ad Eudosso di più secoli.

Cade così, colla precessione d'Eudosso, uno dei principali argomenti, a cui si poteva appoggiare la cognizione della precessione presso gli Egiziani. Dell'altro argomento capitale, che si deduce dal loro calendario, e che non è connesso colle sfere d'Eudosso, non è questo il luogo opportuno di trattare (1).

V. L'IPPOPEDA D'EUDOSSO.

Meccanismo delle stazioni e delle retrogradazioni.

Prima di entrare a discorrere delle teorie speciali, con cui Eudosso spiegava i movimenti di ciascun pianeta, è necessario spendere qualche parola intorno ai caratteri generali comuni a tutte queste teorie, e studiare con qualche cura il singolare e fin qui poco conosciuto meccanismo da lui impiegato per

(1) La grand'opera di Lepsius, *Chronologie der Alten Aegypter*, è il solo libro dove si possano trovare notizie esatte e copiose sull'astronomia degli Egiziani, esaminata coi sussidio dei monumenti. Il profondo rispetto che la lettura della medesima mi ha inspirato per la molteplice dottrina e per la sagacità del suo autore, mi ha indotto a non esporre opinioni diverse dalle sue, senza addurne, anche con qualche prolissità, la ragione migliore che per me si potesse.

Io aveva anche scritto, come appendice alla presente memoria, una ricerca sulla relazione del calendario degli antichi Egiziani col fenomeno della precessione, dalla quale riusciva a concludere, che nulla di quanto sappiamo intorno a tale calendario ci autorizza a pronunziare, ch'essi conoscessero quel fenomeno. Ma, dopo scritta la presente memoria, essendomi venuta sott'occhio la dotta e profonda memoria di H. Martin (presentata nel 1864 all'Accademia delle Iscrizioni e Belle Lettere, e stampata, nel 1869, nel vol. VIII dei *Sav. Étran.*), in cui tratta la quistione, se la precessione sia stata conosciuta dagli Egiziani o da altri popoli prima d'Ipparco, vi trovai la stessa cosa dimostrata con tanto maggior efficacia e copia d'argomenti, che fui indotto a sopprimere la mia appendice, la cui indole del resto era anche troppo aliena dall'oggetto di questo mio scritto. In quella stessa memoria trovai che Martin aveva già trattato della supposta nozione della precessione attribuita ad Eudosso, ed era pure giunto precisamente alle mie conclusioni. Ma la via da me battuta non essendo intieramente identica alla sua, ho conservato senza variazioni questa parte del mio lavoro, la quale del resto era necessaria per formare sulle ipotesi astronomiche d'Eudosso una monografia completa.

L'appendice « Sulla relazione del calendario degli antichi Egiziani col fenomeno della precessione », *soppressa qui dallo Schiaparelli, verrà pubblicata nella 2ª parte tra gli Scritti Inediti.* Nota di L. G.

rappresentare l'anomalia solare dei pianeti, cioè quella massima irregolarità del loro corso, di cui gli effetti più salienti sono i noti fenomeni delle stazioni e delle retrogradazioni.

Leggendo le relative esposizioni di Aristotele e di Simplicio (per il primo vedi l'appendice I e per il secondo l'appendice II §§ 4, 5 e 6) vediamo, che delle quattro sfere assegnate a ciascun pianeta, alla prima e più esterna era affidata la missione di produrre il moto diurno, con rivoluzione uguale a quella delle stelle fisse; la seconda serviva a produrre la rivoluzione dei pianeti lungo l'eclittica in un periodo uguale a quello della loro rivoluzione zodiacale, la quale per i pianeti superiori coincide colla nostra rivoluzione siderale, per Mercurio e per Venere è uguale ad un anno in tutti i sistemi geocentrici di astronomia. La rivoluzione di queste seconde sfere essendo supposta uniforme, chiaro è che Eudosso non aveva alcuna idea dell'anomalia zodiacale dei pianeti, cioè di quella che dipende dalla eccentricità delle loro orbite, ed alla quale più tardi fu provvisto coll'introduzione degli eccentri fissi. Per Eudosso dunque erano equidistanti sull'eclittica i punti delle successive congiunzioni e delle successive opposizioni; e gli archi di retrogradazione erano da lui per ciascun pianeta supposti costanti ed uguali in tutte le parti dello zodiaco. E non solo delle eccentricità delle orbite planetarie, ma anche delle loro inclinazioni rispetto all'eclittica non si trova fatto il minimo cenno. Il movimento delle seconde sfere (se bene siamo informati) coincideva per tutti i pianeti col circolo dello zodiaco. Le digressioni dei pianeti in latitudine non erano restate ignote agli osservatori; ma Eudosso, come più tardi si vedrà, credette che queste seguissero i periodi dell'anomalia solare, e che dipendessero esclusivamente dall'elongazione dei pianeti dal Sole, non dalla loro posizione in longitudine.

A rappresentare l'anomalia solare e insieme il loro movimento in latitudine erano destinate per ciascun pianeta una terza ed una quarta sfera, interiori alle due sopraccennate. La terza sfera aveva i poli fissi sopra due punti opposti del circolo zodiacale tracciato sulla superficie della seconda, e si aggirava intorno a questi poli con un periodo uguale a quello della restituzione sinodica, ossia dell'intervallo che corre fra due opposizioni consecutive, o fra due congiunzioni consecutive del medesimo nome. I poli della terza sfera, dice Aristotele, erano diversi per i diversi pianeti, ma identici per Venere e

per Mercurio. Circa il senso della rotazione di questa terza sfera, Simplicio aggiunge, che essa si muoveva da settentrione a mezzodì e da mezzodì a settentrione, ciò che è una conseguenza del giacere il suo asse nel piano zodiacale. Egli però non determina in quale dei due versi possibili succedesse la rotazione; dalle cose seguenti apparirà la cosa esser indifferente, ed i fenomeni esser rappresentati ugualmente nell'una o nell'altra supposizione.

Sulla superficie della terza sfera così disposta erano infissi i poli della quarta, e l'asse di questa serbava sull'asse della precedente una inclinazione costante, ma diversa per i diversi pianeti. Ed intorno a questo asse s'aggirava la quarta sfera in un periodo uguale a quello della terza, ma in senso contrario; e finalmente sull'equatore della quarta sfera era infisso il pianeta, che riusciva così a moversi di un movimento diurno, di una rivoluzione zodiacale, e di due altri movimenti regolati secondo il periodo sinodico. La combinazione di questi due ultimi movimenti disposti in senso contrario intorno a due assi obliqui fra loro, l'uno girevole intorno all'altro, costituiva la base del meccanismo, con cui Eudosso produceva simultaneamente il moto dell'anomalia solare, le stazioni, le retrogradazioni e le digressioni in latitudine.

Astraendo per ora dall'azione delle due prime sfere, che è facile ad immaginare, rivolgeremo tutta la nostra attenzione a studiare a parte il movimento che risulta nel pianeta dalle due ultime. La questione, ridotta ai termini più semplici, è questa: « Intorno al diametro AB (fig. 2) fisso, si aggira con moto uniforme una sfera portante due poli opposti P, intorno ai quali si avvolge uniformemente una seconda sfera concentrica alla prima, con periodo eguale e con movimento contrario. Determinare la via percorsa da un punto M della seconda sfera, collocato ad eguale distanza da' suoi poli ».

Questo problema non offre oggi certamente alcuna difficoltà a chi sia iniziato nei principi della trigonometria sferica o della geometria analitica. Ma ciò che nel presente caso importa, non è tanto conoscere il risultato, quanto sapere che tal problema non era inaccessibile alla geometria di quei tempi. Ed a ciò non si potrà arrivare, se non col trovare una soluzione, la quale dipenda in modo semplice e diretto dai soli princìpi della geometria più elementare. Trovata questa, ed acquistata così la certezza, che Eudosso poteva rendersi conto esatto della

natura del suo problema, ed ottenerne, se non il calcolo, almeno la costruzione rigorosa, rimarrà la parte storica del nostro compito: dimostrare cioè che veramente Eudosso è giunto ad una soluzione conveniente al suo bisogno, e che egli conosceva con precisione la forma della curva descritta dal punto M in conseguenza del moto combinato delle due sfere. Noi ci applicheremo ora con tutta la cura possibile alla dilucidazione dell'una e dell'altra questione, cioè della geometrica e della istorica, e procureremo di non lasciare, su questo argomento importante, alcun dubbio nell'animo dei lettori.

Proposizione I. Problema. — Essendo date le due sfere in una fase qualunque del loro movimento secondo le ipotesi preannunziate (fig. 2), determinare, sopra di una sfera fissa e concentrica alle due prime, la posizione di quel circolo massimo A O B, sul quale arrivano simultaneamente il polo P della seconda sfera e il pianeta M, che ad essa è attaccato [1].

Conducasi pei poli fissi della prima sfera il circolo massimo A P B, il quale passi per la posizione, che il polo P occupa nell'istante considerato. E si conduca per A e per B un circolo massimo A O B tale, che l'angolo sferico PAB sia uguale all'angolo sferico M P B. Dico che A O B sarà il circolo massimo dimandato. Infatti, per le supposizioni fondamentali, essendo il moto di M intorno a P uguale e contrario al moto di P intorno ad A, quando l'arco M P avrà girato verso P B in modo da coincidere con P B, l'arco A P si sarà girato di un angolo uguale verso A O, e coinciderà con A O. I due poli ed il pianeta M si troveranno dunque tutti e tre sul circolo massimo A O B, ed M si troverà sul prolungamento dell'arco A P che congiunge i due poli, e giacerà dalla parte di P.

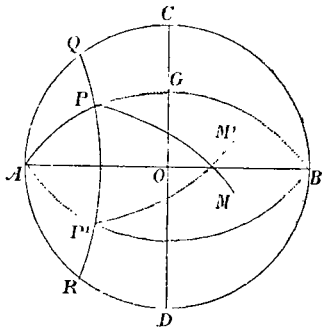


Fig. 2.

(1) Chiamo qui prima e seconda sfera quelle che Eudosso poneva come terza e come quarta. La prima suppongo girevole intorno ai poli A B, la seconda intorno al polo P ed al suo opposto, secondo l'enunciato del problema.

Scolio I. Quando, a partire da A B, il polo P avrà descritto mezza circonferenza del suo parallelo Q R, l'angolo M P B sarà pure di mezza circonferenza; quindi anche in quest'altra posizione i tre punti A P M giaceranno sul circolo massimo A O B, ma ordinati fra loro diversamente. Dopo un giro intiero di P intorno ad A e di M intorno a P si ristabilirà completamente la posizione iniziale: onde il moto di M sarà strettamente periodico, e il periodo sarà equivalente alla durata di una rivoluzione delle due sfere.

Scolio II. Se consideriamo dall'altra parte del circolo A O B una posizione P′ del polo mobile simmetrica rispetto a P (cioè prendiamo l'angolo P′ A O = P A O), si avrà pure l'angolo M′ P′ B = M P B; e la posizione del pianeta in M′ sarà simmetrica colla posizione M rispetto al circolo A O B. Di qui si conclude, che la via percorsa dal pianeta M è simmetrica rispetto a questo circolo, il quale perciò chiameremo *circolo fondamentale*, e il suo piano, *piano fondamentale*. Per brevità inoltre designeremo il piano C D, perpendicolare all'asse fisso A B della prima sfera, col nome di *piano diametrale*, e il piano del circolo A C B D, perpendicolare ai due precedenti (del qual circolo O è il polo anteriore), sarà chiamato *piano ortogonale*. La distanza costante A P pei poli omologhi della sfera fissa e della sfera mobile chiameremo *inclinazione*. E l'angolo uniformemente variabile O A P = M P B, che determina ad ogni istante la posizione del pianeta, chiameremo l'*argomento*.

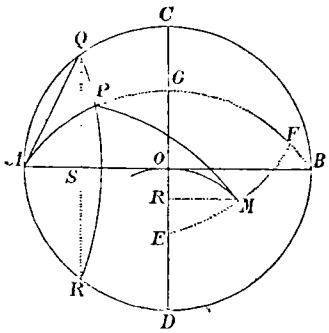


Fig. 3.

Proposizione II. Teorema. — Se si consideri il circolo A P B (fig. 3) in una determinata sua posizione durante il movimento, e di questo circolo in quell'istante sia E il polo: dico che, conducendo da E al pianeta l'arco di circolo massimo E M, si avrà E M = E O, e di più sarà E M perpendicolare sopra M P. — Poichè E è polo del circolo A P G B, la distanza di P da E sarà un quadrante, e siccome per supposizione la distanza di P dal pianeta M è pure un quadrante, P sarà polo dell'arco E M, onde avremo P M ortogonale su E M. Prolungato poi

l'arco E M fino in F, l'arco M F misurerà l'angolo F P M che abbiamo chiamato l'argomento: onde E M sarà di esso il complemento. Ma è palese altresì che l'arco G O misura l'argomento G O A, e che E O è il complemento di G O: dunque E M = E O, come si voleva dimostrare.

Corollario. Se dunque col polo in E si conduca un circolo minore della sfera che passi per O, questo pure passerà per M, e inversamente. E l'arco di questo circolo compreso fra O ed M starà alla sua circonferenza intiera, come l'inclinazione A P sta a tutto il circolo massimo. Infatti, se noi facciamo girare intorno al polo E il triangolo A O G fino a che coincida col suo eguale P F M, si vedrà che A passerà in P, G in F, O in M, tutti i punti descrivendo archi di uguale ampiezza. E quest'ampiezza sarà misurata da A P, cioè dall'inclinazione.

Proposizione III. Teorema. — Le stesse cose essendo poste (fig. 4), se dal pianeta M si abbassa l'arco M H perpendicolare sul circolo massimo diametrale C O D, dico che questo arco sarà uguale all'arco simile O K abbassato da O perpendicolarmente su E M.

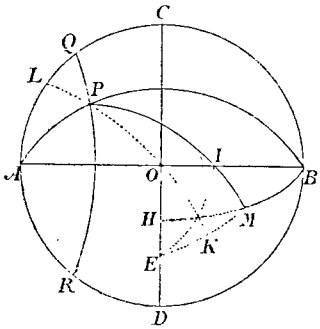


Fig. 4.

Infatti, se pel punto I, dove s'intersecano i circoli P M, O B, si conduca l'arco E I al polo E del circolo A P B, i due triangoli O I E E I M saranno uguali, avendo il lato E I comune, gli angoli in O, M, retti, ed EO = EM (Prop. II). Essi saranno simmetrici rispetto all'arco E I. Se dunque da M si abbassa perpendicolarmente M H, e da O, O K, questi due archi saranno anch'essi simmetricamente disposti rispetto ad E I, e fra loro uguali.

Corollario. Essendo B polo di O E, l'arco M H passerà per B; ed essendo P polo di E M, l'arco O K passerà per P. Sarà P K = B H, perchè ambo quadranti; quindi P O = B M. La distanza del pianeta dal polo fisso B è dunque ad ogni istante del movimento uguale alla distanza del polo mobile P dal punto O, polo fisso del circolo A B C D.

Proposizione IV. Teorema. — Le stesse cose essendo poste, la lunghezza della perpendicolare rettilinea abbassata dal pianeta M sul piano diametrale C D (fig. 4) sarà ad ogni istante uguale alla lunghezza della perpendicolare abbassata dal polo P sul piano ortogonale A B C D.

Il circolo massimo K O P della fig. 4 si prolunghi fino in L. L'arco L O è di un quadrante, e così pure è di un quadrante l'arco P K, per esser P polo di E M (Prop. II). Dunque arco L P = arco O K. Ma nella proposizione precedente si è dimostrato, che arco O K = arco M H. Dunqne L P = M H. Essendo uguali questi archi perpendicolari, saranno pure uguali le perpendicolari rettilinee corrispondenti abbassate da P sul piano del circolo A B C D, e da M sul piano del circolo C O D [1].

Corollario. Quindi si ricava una facile costruzione della distanza del pianeta dal piano diametrale. Descrivasi (fig. 5) in piano un circolo uguale al circolo minore Q R percorso dal polo P, e condotti i due diametri perpendicolari *ab*, *cd*, si faccia l'angolo *aop* uguale all'argomento. La perpendicolare *pr* sarà la cercata distanza del pianeta dal piano diametrale.

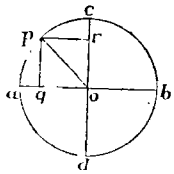


Fig. 5.

Scolio. La precedente costruzione mette subito davanti agli occhi la legge, con cui varia la distanza del pianeta M dal piano diametrale. Ad ogni rivoluzione delle due sfere, il polo P descriverà il suo parallelo una volta, e così pure il suo rappresentativo *p* della fig. 5. Quando P si trova nel piano fondamentale, *p* sta in *a* od in *b*, e la distanza del pianeta dal piano diametrale è uguale al raggio del parallelo. Quando P si trova nel piano ortogonale, cioè in Q od in R, *p* si troverà in *c* o in *d*, il pianeta si troverà nel piano diametrale. E la distanza del pianeta da tal piano seguirà le fasi del moto oscillatorio, che il piede *q* della perpendicolare *pq* fa sul diametro *ab* durante il rivolgersi uniforme di *p* sulla circonferenza del circolo *a b c d* [2].

(1) In linguaggio moderno: essendo uguali gli archi L P, H M, saranno pure uguali i loro seni.

(2) In linguaggio moderno, detta i l'inclinazione, x la distanza del pianeta dal piano diametrale, ϑ l'argomento, si ha, fatto il raggio della sfera $= 1$, $x = \sin i \cos \vartheta$.

PROPOSIZIONE V. TEOREMA. — Se per i punti M od O si conduca (fig. 3) il circolo minore avente per polo il polo E del circolo A P G B, e dal punto M, luogo del pianeta, si abbassi la distanza rettilinea perpendicolare M R sul piano diametrale: questa distanza avrà un rapporto costante col diametro del parallelo O M, qualunque sia la posizione del pianeta M.

Abbiamo veduto, nel corollario della proposizione II, che l'arco M O del circolo minore sta alla circonferenza di questo, come l'inclinazione A Q a tutto il circolo massimo A B C D. La perpendicolare abbassata da M su quel diametro del parallelo, che passa per O, sarà evidentemente la stessa, che la perpendicolare abbassata da M sul piano diametrale. Questa perpendicolare avrà dunque al diametro del parallelo il rapporto costante, che la perpendicolare Q S ha al diametro A B, essendo O M, A Q archi simili di circoli diversi.

Corollario. Così pure la saetta della semicorda R M del circolo minore, cioè la distanza rettilinea del punto O al piede R della perpendicolare R M, avrà al diametro di esso circolo minore il rapporto costante, che la saetta A S al diametro A B.

PROPOSIZIONE VI. TEOREMA. — Se, muovendosi le due sfere di moti uniformi e contrari secondo le supposizioni fondamentali, ad ogni posizione che prenda il punto M si abbassi la perpendicolare M R sul piano diametrale (fig. 3), il piede R di questa percorrerà con moto uniforme su di esso piano la circonferenza di un circolo tangente in O alla sfera, ed avente il diametro uguale alla saetta A S; e gli archi descritti da R su questo circolo avranno un'ampiezza doppia degli archi corrispondenti descritti da P sul proprio parallelo.

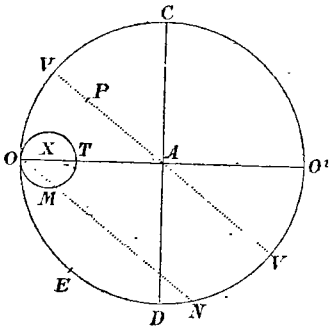


Fig. 6.

Nella fig. 6, sia C D il piano ortogonale, O C O' D il piano diametrale, OO' il piano fondamentale: A sarà rappresentativo dei poli della prima sfera, P del polo della seconda sfera finora designato con questa lettera: VV rappresenterà il circolo massimo indicato con A P B nelle figure precedenti, e l'argomento sarà l'angolo O A P. Essendo M la posizione corrispondente del pia-

neta, E il polo di VV, O N il parallelo a VV condotto per O, abbiamo veduto, che M si trova sul parallelo O N. Il piede della perpendicolare abbassata dal pianeta M sul piano diametrale O C O′ D in questa figura sarà rappresentato dallo stesso M: ed O M sarà la distanza di questo piede dal punto O, polo del piano ortogonale. Ora dal corollario della Prop. V risulta, che questa distanza O M sta al diametro O N del parallelo in un rapporto costante. Il luogo dei punti M sarà dunque simile e similmente posto rispetto ad O, che il luogo dei punti N; sarà perciò un circolo tangente in O al circolo O C O′ D. Ed è manifesto, che l'arco T M, il quale indica la distanza di M da T sul circolo, ha per misura il doppio dell'angolo N O O′, ossia il doppio dell'argomento P A O. Mentre dunque il polo P della seconda sfera descrive sul suo parallelo una circonferenza a partire dalla linea O A, il punto M descriverà nel medesimo senso due circonferenze sul circolo T O partendo da T. Siccome poi il rapporto costante di O M a O N è (Prop. V. *Coroll.*) quello della saetta A S (fig. 3) al diametro A B della sfera: ne concluderemo che O T è uguale alla saetta ora nominata A S: che è quanto ci proponevamo di dimostrare.

Corollario I. Se pel centro X del circolo O T si conduca una retta perpendicolare al piano diametrale, potremo dire che il pianeta descrive angoli uguali intorno a questa retta.

Corollario II. Se immaginiamo da tutte le posizioni del pianeta condotte le corrispondenti perpendicolari al piano diametrale, queste formeranno nel loro insieme un cilindro retto, avente per base il circolo O T. E la curva descritta dal pianeta sopra una sfera fissa, concentrica alle due mobili, non è altro che l'intersezione di quella sfera con quel cilindro retto.

Corollario III. Facilmente ora si potrà costruire la distanza del pianeta dal piano fondamentale O O′ ad ogni momento. Basta sul circolo O T prendere, partendo da T, un arco T M di ampiezza doppia dell'argomento. La distanza del punto M dal diametro O T esprimerà in grandezza ed in direzione la distanza domandata [1].

[1] Secondo le moderne espressioni, il diametro del circolo O T essendo uguale a $1 - \cos i$, ossia a $2 \sin^2 \frac{1}{2} i$, sarà il raggio di tal circolo $\sin^2 \frac{1}{2} i$; dicendo y la distanza del pianeta dal piano fondamentale, contata negativamente sotto questo piano, avremo l'espressione

$$y = - \sin^2 \frac{1}{2} i . \sin 2 \vartheta.$$

Dunque, anche questa distanza, come l'altra precedentemente considerata nella Prop. IV, segue nelle sue variazioni la legge di un moto oscillatorio, ma quì il periodo è la metà del periodo che regola le variazioni della distanza dal piano diametrale.

Corollario IV. La retta O M ha un rapporto costante col diametro del parellelo O N. Sopra si è veduto, che la lunghezza della perpendicolare abbassata dal pianeta sul piano diametrale ha pure un rapporto costante con quel diametro (Prop. V). Immaginando dunque un triangolo rettangolo, di cui un cateto sia la perpendicolare suddetta, l'altro sia la retta M O, questi due cateti avranno fra di loro un rapporto costante; onde l'ipotenusa di tale triangolo (la quale congiungerà il pianeta col punto O) avrà coi detti cateti un rapporto pure costante, e l'angolo che tale ipotenusa fa col piano diametrale O C O′ D sarà pure costante. Dunque le infinite rette condotte dal punto O a tutte le posizioni del pianeta hanno sempre la stessa inclinazione sul piano diametrale. E se per O si conduca la retta perpendicolare al piano diametrale e tangente in O al circolo fondamentale O O′, questa retta, come ugualmente inclinata a tutte le precedenti, sarà l'asse di un cono retto da quelle formato. E facilmente si vedrà, che l'angolo di tal asse colle generatrici del cono è uguale alla metà dell'inclinazione.

Corollario V. Dunque la linea descritta dal pianeta M, durante una rivoluzione delle due sfere, sopra una terza sfera fissa concentrica alle prime può considerarsi come l'intersezione della sfera fissa col cono sopra descritto. Epperò questa linea avrà il pregio di risultare dalla intersezione simultanea e tripla dei 3 corpi rotondi, cioè di un cono, di un cilindro e di una sfera.

Corollario VI. Movendosi il punto M sulla circonferenza del circolo O T con moto uniforme, anche l'angolo M O T varierà con variazione uniforme. Quindi si può dire, che il pianeta si muove di moto angolare uniforme intorno all'asse del cono. Ed il pianeta nel suo corso serberà simultaneamente tre moti uniformi: uno intorno all'asse della seconda sfera, uno intorno all'asse del cilindro (V. qui sopra *Coroll. I.*), ed un terzo intorno all'asse del cono ora designato. Il primo asse è mobile nello spazio; gli altri due sono fissi e paralleli fra di loro.

Proposizione VII. Problema. — Costruire sul piano ortogonale la traccia icnografica del corso del pianeta durante una intiera rivoluzione delle due sfere.

Preso come raggio Q S, semidiametro del parallelo descritto dal polo P (fig. 3), e come altro raggio la metà della saetta Á S, si descrivano due circoli concentrici (fig. 7), e si divida il circolo minore in un certo numero di parti uguali, e il circolo

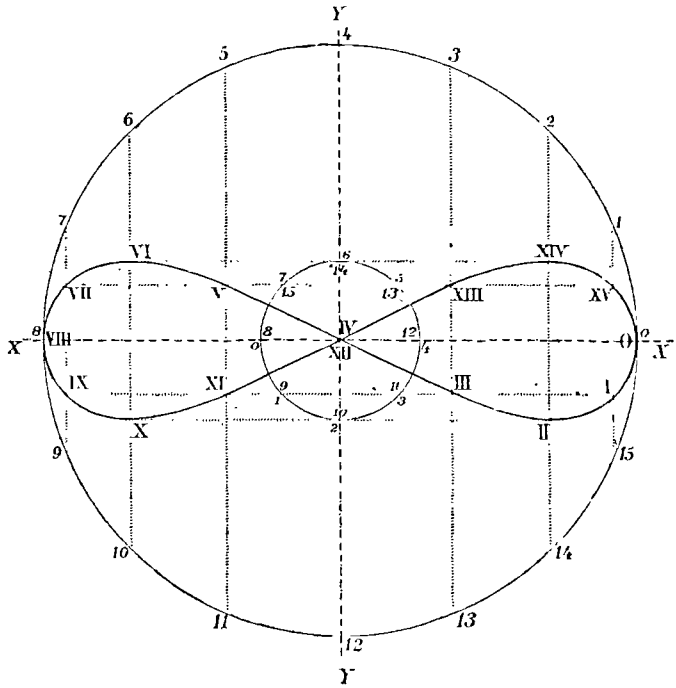


Fig. 7.

maggiore in un numero doppio di parti uguali, avendo cura che le origini delle divisioni (segnate collo zero sulla figura) siano, nei due circoli, opposte rispetto al centro comune: quindi si numerino le divisioni progressivamente, andando nel medesimo senso, e nel circolo minore si continui la segnatura per due giri, onde avere in ambi i circoli due numerazioni uguali. Quindi si conduca il diametro X X che passa per le origini delle due divisioni, e il diametro perpendicolare Y Y; e per ogni punto delle divisioni del circolo maggiore condotta una

parallela ad Y Y, per l'omologa divisione del circolo minore si conduca ad incontrar quella una parallela ad X X; gli incontri così ottenuti formeranno una serie di punti a guisa di 8, e questa sarà la proiezione icnografica dimandata, in cui X X rappresenterà il piano fondamentale, Y Y il piano diametrale, e in cui la proiezione del pianeta apparirà muoversi secondo l'ordine dei numeri romani scritti sulla curva in corrispondenza a quelli scritti sulle due circonferenze. La ragione di questa costruzione sta nelle regole speciali date per trovare ad ogni valor dato dell'argomento la distanza del pianeta dal piano diametrale (Prop. IV. *Coroll.*) e dal piano fondamentale. (Prop. VI. *Coroll. III*) [1].

Scolio I. Si noterà facilmente, che l'asse longitudinale della curva è uguale al diametro del parallelo descritto dal polo P della sfera che porta il pianeta, e che la sua larghezza è uguale alla saetta A S (fig. 3), o al diametro del cilindro, su cui si trova la traiettoria descritta dal pianeta nello spazio. Le quattro digressioni estreme dal piano fondamentale, i due passaggi pel punto doppio centrale, e i passaggi pei due apsidi estremi, costituiscono otto fasi principali del movimento, e dividono la curva in otto archi, i quali dal pianeta sono percorsi in tempi eguali.

Scolio II. Combinando l'aspetto della traccia icnografica sul piano ortogonale con la nozione, che la vera curva descritta nello spazio del pianeta è l'intersezione di una sfera A B (fig. 3) con un cilindro di diametro A S, il cui asse è parallelo all'asse A B e tocca la superficie sferica nel punto O, potremo giudicare facilmente della forma che ha la curva percorsa dal

[1] In linguaggio moderno, che le equazioni della curva sono le due precedentemente trovate, cioè

$$x = \sin i \cos \theta$$

$$y = -\sin^2 \frac{1}{2} i \sin 2\theta,$$

dove x ed y rappresentano le coordinate rettangole riferite agli assi X X e Y Y: dalle quali si potrebbe, volendo, eliminar θ. La proiezione della curva sul piano ortogonale è dunque il risultato delle combinazioni di due moti vibratori fra loro perpendicolari, dei quali l'uno compie le sue fasi due volte più velocemente dell'altro, coincidendo le quattro fasi principali del moto più lento colle fasi centrali (o posizioni d'equilibrio) del moto più veloce. La curva risultante è una delle note linee acustiche di Lissajous (Jamin, *Physique*, vol. II, tav. III).

pianeta nello spazio. La fig. 8 indica in modo sufficientemente chiaro in qual guisa la curva si adatta simultaneamente alla sfera ed al cilindro. L'intersezione o punto doppio centrale O coincide col polo del piano ortogonale, designato colla stessa lettera nelle figure precedenti; e così pure si riconoscerà in A B il piano fondamentale, in C D il piano diametrale. Si deve immaginare che nei due minori dei quattro angoli che formano la curva in O, il cilindro copra la sfera, e nei due maggiori la sfera copra il cilindro, le due superficie toccandosi e intersecandosi simultaneamente in quel punto. Nè più difficile sarebbe mostrare come la stessa curva si adatti pure al cono descritto nella Prop. VI. *Coroll. IV*; in questo caso si vedrebbe, come il vertice del cono essendo in O, ognuna delle due falde opposte del cono dà origine ad uno dei due lobi della curva, e come l'angolo sotto cui la curva taglia sè medesima in O, è uguale all'angolo al vertice del cono, cioè all'inclinazione.

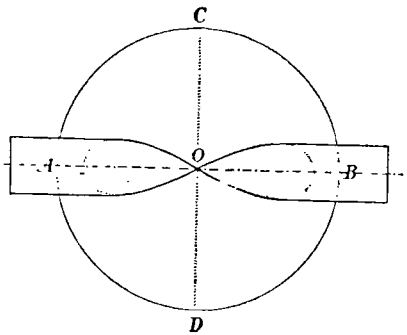


Fig. 8.

Queste poche e semplicissime proposizioni, in cui veramente più nella sostanza che nella forma ho cercato di serbare il carattere dell'antica geometria, danno il modo di giungere alla costruzione della curva descritta dal pianeta, alla quale per la sua forma daremo il nome di *lemniscata sferica*; ed offrono anche già un breve quadro di alcune sue principali proprietà [1]. Credo inutile accrescerne il numero, prima perchè questi fiorellini di geometria oggi non presentano più l'interesse d'una volta, e dai matematici, occupati intorno al tronco ed alle radici dell'albero della scienza, si abbandonano alla coltura dei principianti; ma sovratutto perchè ampiamente già è ottenuto il nostro scopo di provare, che a quella costruzione

[1] Vari interessanti problemi offre la considerazione di questa curva, delle parti di superficie sferica, cilindrica, e conica in essa rinchiuse, dei volumi compresi fra quelle superficie e limitati dalla curva; problemi che

e a quelle proprietà si può giungere brevemente e facilmente, col soccorso di una geometria molto più elementare di quella che siamo in diritto di attribuire ad Eudosso, e senza far alcun uso di metodi moderni. Verrò ora ad indicare in qual modo è credibile che se ne sia fatto uso per spiegare quei fenomeni dei pianeti, che si collegano coll' anomalia solare.

Ritorniamo per questo alla considerazione delle quattro sfere, che, secondo Aristotele e Simplicio, Eudosso attribuiva a ciascun pianeta; ed invece di lasciar fisso l'asse A B (fig. 3), immaginiamone appoggiati i poli sulla seconda delle sfere di Eudosso, in modo che questi poli percorrano il circolo dell'eclittica in un tempo uguale alla rivoluzione zodiacale del pianeta. Supponiamo di più, che il circolo fondamentale A O B coincida costantemente col circolo dell' eclittica. Allora il punto O, che è il centro della nostra lemniscata sferica, si

tutti danno soluzioni semplici ed eleganti, e dimostrabili colla geometria elementare. Quando l' inclinazione è un angolo retto, la curva offre il caso del problema di Viviani della vôlta emisferica quadrabile, in cui ogni metà di uno dei lobi rappresenta una delle quattro finestre. Accennerò ancora alla proprietà che hanno gli archi di tutte queste lemniscate sferiche, di poter esser sommati, sottratti, moltiplicati e divisi con regole molto simili a quelle, che servono ad eseguire le medesime operazioni sugli archi ellittici; della quale l' espressione più notabile è questa, che la lunghezza di tutta intiera la lemniscata è uguale a quella di una ellisse, di cui un semiasse è uguale alla corda dell' inclinazione A Q, l' altro semiasse è uguale alla saetta o seno verso A S (fig. 3).

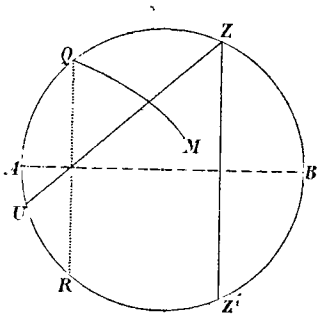


Fig. 9.

Queste lemniscate appartengono inoltre alla classe delle epicicloidi sferiche, e godono di tutte le loro proprietà. Infatti, sia A B (fig. 9) l'asse della prima sfera e Q R il parallelo descritto dal polo P della seconda; sia diviso per metà l' arco Q B in Z, e condotto il parallelo Z Z' Poi da Q come polo si descriva il circolo minore Z U; e supponiamo, che stando fissa la callotta sferica Z B Z', l' altra callotta uguale Z Q U ruoti sulla medesima senza strisciare nel contatto comune Z. Se colla callotta mobile sia connesso invariabilmente un punto M tale, che si applichi costantemente sulla superficie sferica, e sia lontano da Q un quadrante: il punto M descriverà la lemniscata corrispondente all' inclinazione A Q.

troverà sull'eclittica, e l'asse longitudinale della lemniscata (cioè il circolo massimo che ne unisce gli apsidi estremi) coinciderà pure con questo circolo; ed il punto O, del pari che A e B, descriverà con moto uniforme in una rivoluzione zodiacale tutto il circolo dell'eclittica, trascinando seco la lemniscata. Noi potremo ora, senza turbare il movimento del pianeta, surrogare alla terza ed alla quarta sfera la lemniscata, sulla quale il pianeta si muove secondo le regole qui sopra sviluppate. Componendo dunque questo moto del pianeta sulla lemniscata col movimento progressivo della lemniscata stessa lungo l'eclittica, avremo il movimento composto del pianeta nella fascia zodiacale. Ora il moto della lemniscata lungo lo zodiaco è uniforme, e la sua velocità è tale, da farle percorrere tutta l'eclittica nel tempo della rivoluzione zodiacale del pianeta, ed è sempre nel medesimo senso, cioè secondo l'ordine dei segni. Al contrario, il corso del pianeta sulla lemniscata si traduce in una oscillazione periodica d'andata e ritorno, di cui la legge è stata definita nella Prop. IV. L'intiero ciclo di quella oscillazione si fa nel tempo assegnato da Eudosso alla rivoluzione della terza e della quarta sfera, che è il tempo della rivoluzione sinodica. Ad ogni periodo sinodico avverrà dunque, che per mezzo periodo il moto del pianeta lungo l'eclittica sarà accelerato, sommandosi il moto della lemniscata con quello del pianeta lungo di essa; e per l'altro mezzo periodo il pianeta apparirà ritardato, contrastando l'uno all'altro i due moti ora accennati. Ed anzi, se in qualche parte della lemniscata il pianeta nell'oscillazione retrograda si moverà più rapidamente nel senso della longitudine di quanto avanzi la lemniscata col suo moto diretto, il moto risultante del pianeta sarà retrogrado durante un certo intervallo, e si avrà una retrogradazione compresa fra due stazioni. Ed è manifesto, che da una parte la massima accelerazione del pianeta in longitudine e dall'altra la massima ritardazione o la massima velocità retrograda avranno luogo quando il pianeta correrà più veloce nel senso longitudinale, ciò che avviene quando esso passa pel centro o punto doppio della lemniscata. L'insieme dei movimenti dovrà dunque esser combinato in modo, che il pianeta si ritrovi al centro della lemniscata e abbia su di essa movimento diretto, quando succede la congiunzione superiore, dove notoriamente la velocità apparente dei moti planetari in longitudine è massima; ed occupi il me-

desimo centro e sia retrogrado sulla lemniscata, quando il pianeta è in opposizione o in congiunzione inferiore, ai quali punti risponde la retrogradazione più veloce. Manifestamente poi cotesta combinazione di moto progressivo e di moto oscillatorio in longitudine sarà accompagnata da un corrispondente moto in latitudine, il quale potrà allontanare il pianeta dall'eclittica di tanto, quanto importa la mezza larghezza della lemniscata. Questo movimento farà giungere il pianeta due volte ai limiti boreali e due volte ai limiti australi, e gli farà traversare l'eclittica quattro volte in una rivoluzione sinodica.

Questi sono i risultamenti, ai quali conduce una libera ma logica riflessione sulle poche notizie che restano intorno alle teorie planetarie d'Eudosso. Tali sviluppi però non acquisteranno per noi alcun valore istorico, e non saranno di alcun uso al nostro proposito, se non quando avremo fatto vedere, che Eudosso, o per la via da noi seguìta, o per altra egualmente piana e diretta, è giunto veramente ai principali risultamenti da noi accennati; onde, esaurita la parte matematica e teoretica della nostra dimostrazione, aggrediremo la parte istorica; e primieramente verificheremo, se gli effetti da noi descritti non sono in opposizione con quelli che brevemente Simplicio accenna verso la fine della sua narrazione sulle sfere d'Eudosso, § 6. « La terza sfera, egli dice, la quale ha i suoi poli nella seconda collocati lungo l'eclittica, rivolgendosi da mezzodì a settentrione e da settentrione a mezzodì, conduce seco la quarta, che porta l'astro, e cagiona il movimento di questo in latitudine. Nè però è sola a produrre questo effetto. Perchè di quanto, seguendo la terza sfera, l'astro si è avanzato verso i poli dell'eclittica, e si è avvicinato ai poli del mondo, di altrettanto retrocedendo la quarta sfera, che compie il suo giro in senso contrario alla terza in egual tempo, lo riconduce indietro, facendogli anzi traversare l'eclittica, ed obbligandolo a descrivere da ambi i lati di questo circolo la linea curva chiamata da Eudosso *ippopeda*. Questa occupa appunto tanta larghezza, quant'è il moto dell'astro in latitudine ». Queste dilucidazioni di Simplicio comprendono in modo breve e abbastanza preciso gli effetti del movimento della terza e della quarta sfera, e corrispondono egregiamente alla descrizione che qui sopra ho dato dei medesimi effetti. Noi vediamo di più, che alla curva percorsa dal pianeta in conseguenza del suo moversi simultaneo sulla terza e sulla quarta sfera, Eudosso

aveva dato il nome d'*ippopeda*. Se noi proveremo, che questa curva aveva la forma e le proprietà della nostra lemniscata sferica, la dimostrazione potrà dirsi completa.

Non è questa la sola volta, che il nome d'*ippopeda* si trova applicato ad una linea curva nella geometria dei Greci. Nel suo prezioso Commentario sul primo libro degli Elementi d'Euclide, Proclo parla tre volte di una curva chiamata *ippopeda*. In un luogo classifica l'ippopeda fra le linee miste (cioè diverse dalle semplici, che erano la retta ed il circolo), e dice che essa appartiene alla classe delle linee *spiriche* (1). Altrove ripete che l'ippopeda è una linea spirica, ed aggiunge che questa curva, sebbene unica, forma un angolo, intersecando se medesima (2). L'ippopeda dunque, secondo Proclo, era una curva dotata di un punto doppio. Maggiori particolarità si trovano in un terzo luogo (3), dove, dopo avere narrato come Perseo geometra scoprisse tre linee curve derivanti da sezioni piane del solido detto *spira*, Proclo espone « l'una di queste sezioni spiriche esser ripiegata sopra sè medesima (ἐμπεπλεγμένη) e simile alla ἵππου πέδη; l'altra allargata nel mezzo e restringentesi verso le estremità; la terza essere allungata, ristretta nel mezzo e più larga alle due estremità ».

È noto, che presso i geometri greci andava designato col nome di σπεῖρα quel solido anulare di rivoluzione, che è generato da un circolo rnotante intorno ad una retta qualunque contenuta nel suo piano, e non passante pel suo centro (4). Questo solido, che oggi con vocabolo desunto dalla tecnica architettonica si suol designare col nome di *toro*, può ammettere un'infinità di sezioni differenti; ma considerando solo le sezioni che rendono una certa specie di simmetria, e che prima d'ogni altra Perseo ha dovuto studiare, il lettore si avvedrà ben presto

(1) Procli Diadochi *in primum Euclidis elementorum librum Commentarii ex recognitione God.* Friedlein. Lipsiae in aedibus G. B. Teubneri, 1873, p. 127.

(2) *Ibid.*, p. 128.

(3) *Ibid.*, p. 112.

(4) V. Proclo, nell'opera citata, p. 119: v. pure Erone nelle *Definizioni geometriche* pubblicate da Friedlein nel *Bullettino* del Pr. Boncompagni, t. IV, p. 108. Secondo Erone, alla spira si usava dare anche il nome di κρίκος (anello). Vitruvio nell'*Arch.* III, 3 usa il vocabolo *spire* nel senso di modanature curve anulari nelle basi delle colonne; modanature che sono parti o combinazioni di parti di superficie spiriche.

dalla descrizione, che dà Proclo delle tre spiriche, che esse rappresentano le tre principali forme risultanti dalla sezione del solido fatta con un piano parallelo all'asse principale. Le tre curve indicate nella figura 10 corrispondono a capello pei loro caratteri a quelle di cui parla Proclo. La prima è ripiegata sopra sè medesima, ed ha un punto doppio, proveniente da

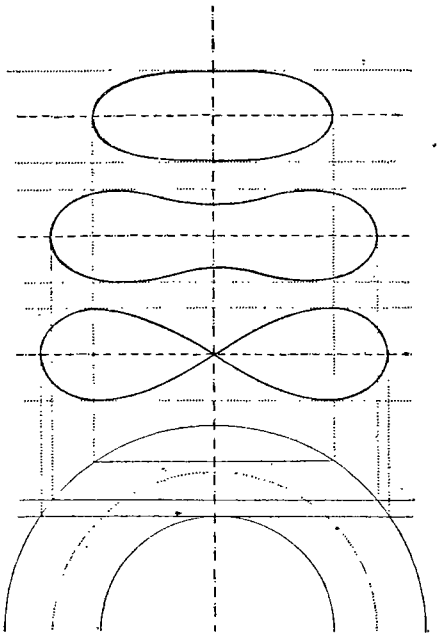


Fig. 10.

ciò, che il piano segante tocca la superficie in un punto del circolo di gola; è la curva designata col nome d'*ippopeda*, e che Proclo dice simile alla ἵππου πέδη. La seconda ha luogo quando il piano segante dista dall'asse più che il centro del circolo generatore; è una specie di ovale, gonfia nel mezzo, e stretta agli estremi. La terza ha luogo quando il piano segante dista dall'asse meno che il centro del circolo generatore, e questa ha una figura allungata, stretta nel mezzo, e larga agli estremi [1]. L'ippopeda di Proclo (o piuttosto di Perseo) ha

[1] L'interpretazione qui adottata del passo piuttosto indeterminato di Proclo sulle linee spiriche e sulla forma di queste curve, concorda nel

dunque anch' essa la figura di lemniscata, come la curva sferica decritta dai pianeti in conseguenza del movimento della terza e della quarta sfera: la quale curva pertanto noi crediamo esser l' ippopeda d' Eudosso, essendo ben naturale che a curve di forme consimili (sebbene geometricamente assai diverse), Eudosso e Perseo abbiano assegnato il nome di un medesimo

punto essenziale con quella, che come più probabile venne designata da Knoche e da Maerker nel loro pregevolissimo programma scolastico intitolato: *Ex Proclo successoris in Euclidis Elementa commentariis definitionis quartae expositionem, quae de recta est linea et sectionibus spiricis commentati sunt T. H. Knochius et F. J. Maerkerus*, Herefordiae, 1856. Differiscono però i citati autori in questo, che secondo loro la curva, la quale Proclo dice esser più larga nel mezzo e più stretta agli estremi, sarebbe una delle due ovali coniugate, in cui si risolve la sezione spirica, quando il piano segante parallelo all'asse penetra nel vuoto interno dell'anello, dividendo questo in due tronchi separati. Delle tre sezioni, questa sarebbe la più vicina all' asse, mentre, secondo il mio modo di vedere, sarebbe la più lontana. Ma ciò non importa nulla alla questione che ci occupa, relativa all' ippopeda, sulla quale ho il piacere di trovarmi d' accordo coi due dotti sopra nominati.

Knoche e Maerker però, ammettono come possibile, se non come probabile, l' opinione che si possa soddisfare alle espressioni di Proclo, supponendo le tre sezioni non parallele all'asse principale della spira, ma inclinate e passanti pel centro della spira nel modo che indica la fig. 11. L' ippopeda sarebbe allora la sezione AB bitangente alla superficie, e avente due punti doppi: le altre due curve consterebbero ciascuna di due ovali, cioè la sezione CD darebbe due ovali concentriche, sebbene non simili, e la sezione EF darebbe due ovali disgiunte e simmetriche intorno ad un solo asse. Non posso accostarmi a questa opinione. Primo, è da notare che i Greci avrebbero forse veduto nelle sezioni CD due linee diverse, invece di una sola; ove le sezioni spiriche si trovano sempre designate come tre. Ma l'obbiezione più grave sta in questo, che la sezione AB non può esser stata chiamata ippopeda, per la semplice ragione, che questa sezione non è una curva nuova, ma risulta semplicemente dall' insieme di due circonferenze di circolo, che s' intersecano nei due punti *m n* dove il piano segante AB tocca e taglia simultaneamente la superficie nella parte concavo-convessa. In qual fatto sembra che sia sfuggito alle indagini di quei due dotti espositori di Proclo.

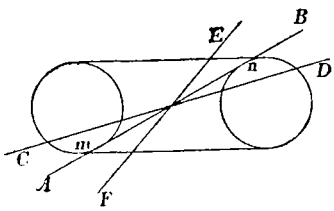


Fig. 11

Una terza interpretazione diversa dalle precedenti di Proclo (*Comm. in Euc.* ed Friedlein p. 119): « La superficie spirica è generata dalla rivoluzione di un circolo, che rimane costantemente perpendicolare (ad un

oggetto di uso familiare ai Greci, l'ἵππου πέδη, la cui forma quelle curve richiamavano alla memoria.

Per completare la nostra dimostrazione occorre dunque ancora ricercare qual è l'oggetto a cui i Greci usavano dare il nome di ἵππου πέδη, e indagare se la sua forma giustifica la traslazione del nome, che Eudosso e Perseo ne fecero alle curve da loro inventate. Ora a tali questioni risponde comple-

piano) e si aggira intorno ad un medesimo punto diverso del proprio centro. Onde nascono tre specie di spira, secondo che tal punto è sulla circonferenza, o dentro della circonferenza, o fuori della circonferenza (del circolo generatore). Nel primo caso la spira dicesi continua, nel secondo implicata, nel terzo disgiunta. *E vi sono tre sezioni spiriche corrispondenti a queste tre differenze* ». Secondo questa descrizione adunque le tre spiriche di Perseo non nascerebbero dalla stessa spira diversamente tagliata, ma bensì dalle tre diverse specie di spira tagliate secondo una medesima norma, come da tre coni di diversa specie tagliati secondo una stessa regola derivavano gli antichi le tre coniche. Però notano qui giustamente i prelodati Knoche e Maerker, questo passo trovarsi in manifesta contraddizione colla descrizione data da Proclo medesimo in un altro luogo dei caratteri geometrici delle tre spiriche, e da me riferita qui sopra. Infatti, in qualunque modo si voglia cercare di tagliare le tre spire secondo una costante regola, non si otterranno mai tre curve, le quali quadrino esattamente con quella descrizione. Sembra dunque che il parallelo delle tre specie di spira colle tre spiriche, sia derivato da una imperfetta idea della generazione delle medesime. Ciò che aumenta il dubbio è il fatto, che nell'edizione principe di Proclo curata da Simone Grineo nel 1533, quel luogo, che qui si è stampato in caratteri corsivi, manca, e non vi si allude in alcun modo alle linee spiriche, sebbene quel luogo si trovi, col tenore qui riferito, nella versione di Barozzi e nella recente edizione di Friedlein. È da notare di più, che quelle parole: *E vi sono tre sezioni spiriche ecc.*, sono perfettamente inutili in quella parte del discorso, che è tutta sulle superficie e non sulle linee. Ma senza dare troppo peso a queste circostanze, diremo che l'autore di quelle parole (chiunque si fosse) era forse erroneamente persuaso, che dalle tre forme di spira dovessero derivar le tre spiriche in un modo analogo a quello, con cui dalle tre varietà di cono ottusangolo, rettangolo ed acutangolo derivavano, con una sezione perpendicolare ad uno dei lati del cono, l'iperbole, la parabola e l'ellisse.

Per la nostra quistione tuttociò è abbastanza indifferente, risultando con evidenza dalle notizie di Proclo sull'ippopeda, che questa linea era una curva unica, ripiegata sopra sè medesima in modo da tagliar sè stessa ad angolo, formando un punto doppio. La possibilità di due punti doppi è esclusa, perchè la sezione si risolve allora nell'insieme di due circoli. Dunque il piano segante la spira secondo l'ippopeda dovea esser tangente alla spira in un punto della sua parte concavo-convessa. Le forme che si possono ottenere in questo modo si riducono a tre tipi: il primo dei quali è simmetrico rispetto a due assi fra loro perpendicolari, ed è simile alla lemniscata; gli altri due sono simmetrici rispetto ad un asse solo e danno

tamente un passo del trattato di Senofonte sull' equitazione, dove parlando del modo di far manovrare i cavalli e di esercitarli in modo uguale alle conversioni verso destra e verso sinistra, dice: « Noi lodiamo quella manovra, che si fa secondo la linea chiamata πέδη: imperocchè esercita i cavalli a voltarsi da ambidue i lati delle mascelle: ed è bene cambiare il corso del cavallo (da destra a sinistra, e reciprocamente), affinchè la manovra renda simmetrica l' una parte delle mascelle coll'altra. E lodiamo la πέδη allungata piuttosto che quella arrotondata; perchè il cavallo, sazio di correr dritto, si presterà più volentieri alla conversione, e così insieme si eserciterà al corso rettilineo e a voltarsi ». E nello stesso libro, in altro luogo: « Si riconoscono i cavalli non eguali dai due lati delle mascelle, col farli camminare lungo la linea chiamata πέδη » (1). Consi-

curve simili a quelle della fig. 12. Il secondo tipo ha due foglie disuguali, di cui una è circondata dall'altra; il terzo dà due foglie uguali separate. Il secondo tipo non può manifestamente adattarsi alle funzioni d' ippopeda descritte da Senofonte (vedi la nota seguente); perchè correndo lungh' essa in un senso determinato, la concavità della curva rimane sempre a destra o sempre a sinistra. Il terzo tipo potrebbe, a rigore, soddisfare agli usi dell' ippodromo; ma la sua disposizione non è la più adatta, risultando da

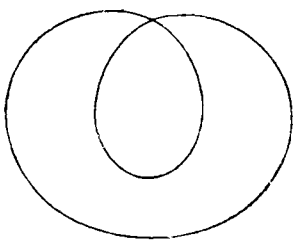


Fig. 12 *a*.

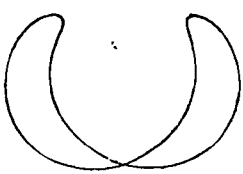


Fig. 12 *b*.

una trasformazione poco opportuna del primo tipo, cioè della lemniscata. Questa rimane dunque sempre la figura più probabile, anche astraendo dalla circostanza, che Perseo ha dovuto considerare i casi più semplici delle spiriche, a preferenza dei più complessi; e dall'altra circostanza, che curve simili a quelle del secondo e del terzo tipo non potrebbero risultare in alcun modo dalle combinazioni geometriche di Eudosso.

(1) Xenoph, *De re equestri*, cap. 7.... Ἵππασιαν δ' ἐπαινοῦμεν την πέδην καλουμένην· ἐπ' ἀμφοτέρας γὰρ τὰς γνάθους στρέφεσθαι ἐθιζει. Και τὸ μεταβάλλεσθαι δὲ την ἱππασίαν ἀγαθὸν, ινα ἀμφότεραι αἱ γνάθοι κατ' ἑκάτερον τῆς ἱππασίας ἰσάζωνται. Ἐπαινοῦμεν δὲ καὶ τὴν ἑτερομηκην πέδην μᾶλλον τῆς κυκλοτεροῦς, ecc. Lo stesso cap. 3.... Τους γε μην ἑτερογναθους

derando queste indicazioni appare, che l'ἵππου πέδη presso i Greci era una specie particolare di linea o di corso, che aveva la proprietà di obbligare i cavalli ad alternate conversioni dal lato destro e dal lato sinistro; proprietà la quale suppone, che il cavallo, procedendo lungo tal linea, ora ne avesse la convessità verso destra, ora verso sinistra. La più semplice forma di curva chiusa, a cui questa proprietà compete, è evidentemente quella di una ∞ più o meno allungata; forma ancora oggidì usata nelle manovre dei cavalli, e che è appunto quella delle curve di Eudosso e di Perseo. Infatti, da uno sguardo dato alla figura 13 si comprende subito, che se l'animale, descrivendo uno dei due lobi della curva, ha la destra rivolta verso la parte esterna della medesima, nel descrivere l'altro lobo avrà alla destra la parte interna: onde se, giunto ad una estremità della curva, fa la sua conversione verso destra, all'altra estremità sarà obbligato a far conversione verso sinistra.

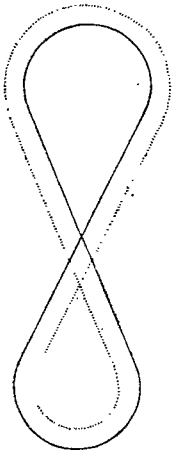


Fig. 13.

Io debbo dimandar perdono al lettore di trascinarlo in sviluppi ed in digressioni di queste specie; pure soltanto dopo bene ponderate tutte le analogie e le relazioni esposte in questo articolo, è possibile riguardare come sufficientemente dilucidata e dimostrata la natura del meccanismo delle stazioni e delle retrogradazioni e del moto in latitudine nel sistema delle sfere omocentriche.

Non il nome dell'*ippopeda*, ma la cosa stessa sotto nome diverso sembra accennata con probabilità in altri antichi scritti. Nel *papiro d'Eudosso*, del quale già si è avuto occasione di parlare, e che sembra contenere un sommario delle dottrine di quest'astronomo, è detto, che Mercurio impiega 116 giorni a descrivere la sua *elica* (1). Il periodo di 116 giorni evidente-

μενύει μὲν καὶ ἡ πέδη καλουμένη ἱππασία. Parimente Esichio, grammatico alessandrino, tra i significati che nel suo gran lessico dà alla voce πέδη, ha anche quello di « figura di manovra equestre » (εἶδος ἱππασίας). Hesychii, *Lexicon*, ed. Alberti Lugd. Bat. 1746-66. Tom. II, p. 898.

(1) Traggo questa citazione del papiro da Letronne, *Journal des Savants*, 1841, p. 544: Στίλβων ὁ Ἑρμοῦ τὴν ἕλικα διεξέρχεται ἐν μησὶ τρισὶν καὶ [ἡμέραις] εἴκοσι ἕξ.

mente è quello della rivoluzione sinodica di Mercurio, onde si conclude, che l'autore del papiro intendeva designare per *elica* quella curva, che percorsa in intiero dal pianeta, ne produce le fasi sinodiche. Questa curva non può esser l'epiciclo, perchè in tal caso lo scrittore del papiro non avrebbe usato per designarlo il nome di *elica*. Considerando dunque, che il papiro contiene dottrine direttamente derivate da Eudosso, noi reputiamo assai probabile, che l'elica qui serva a designare appunto l'ippopeda. Veramente il nome di elica era più frequentemente usato dai Greci per indicare una linea spirale come quella d'Archimede, od anche la curva che forma il verme di una vite, ed in quest'ultimo senso l'ha usato Platone. Tuttavia la parola *elica* o *linea elicoide* era pure impiegata a designare curve complesse, e differenti dalle ordinarie curve considerate nella geometria. Perseo stesso, se dobbiamo credere a Proclo, designò col nome di *elicoidi* le linee spiriche da lui inventate (1), fra le quali pure era una specie d'ippopeda, come si è veduto.

In questo modo di pensare mi conferma la considerazione degli ultimi capitoli dell'*Astronomia* di Teone Smirneo, nei quali questo autore intraprende di dare una breve esposizione delle dottrine astronomiche professate dal filosofo platonico Dercillide (2). Dercillide « non crede, che le *linee elicoidi* e le « *simili alla* (linea) *ippica* possano riguardarsi come causa del « moto erratico dei pianeti; essere queste linee prodotte per « accidente; la prima e precedente causa del *moto erratico* e « dell'*elica* essere il moto che si fa nell'obliquità del circolo « zodiacale. Il moto de' pianeti nell'elica è infatti avventizio, « e prodotto dalla combinazione di due movimenti di quegli « astri ». Descrive quindi Dercillide, come un'elica nasce dalla combinazione del moto zodiacale e del moto diurno dei pianeti, e ne indica molto chiaramente il risultamento finale, che è identico all'elica descritta da Platone nel *Timeo*.

Questo passo ci apprende da prima, che esistevano certi filosofi o astronomi confutati da Dercillide, i quali spiegavano

(1) V. il celebre epigramma relativo all'invenzione delle linee spiriche presso Proclo nel Commentario al 1° d'Euclide, p. 112 dell'edizione di Friedlein.

(2) Theonis, *Astron.* ed. Martin, p. 328 e seg. Il passo più importante è questo: Οὐκ ἀξιοῖ (Δερκυλλίδης) δὲ τοῦ πλανωμένου αἰτίας οἴεσθαι τὰς ἑλικοειδεῖς γραμμας... τας τε ἱππικῆ παραπλησίας...

i movimenti erratici dei pianeti per mezzo di *linee elicoidi* e *simili alla linea ippica*. Per noi costoro non possono esser altri che Eudosso, e quelli che gli succedettero nel professare e nel perfezionare il sistema delle sfere omocentriche; *le linee elicoidi e simili all'ippica* non sono altro che le diverse ippopede dei diversi pianeti.

Dal medesimo pure intendiamo, che non dirittamente Dercillide assimilava all'elica di Platone le linee elicoidi e l'ippica. Non è facile vedere, come l'elica di Platone abbia somiglianza con una linea qualunque descritta da cavalli. Veramente Dercillide poco più sotto avverte, esser due le specie di elica, cioè quella simile alle spirille della vite ed alle circonvoluzioni delle scitale laconiche (l'elica cilindrica dei moderni), ed un'altra elica piana, che egli anche insegna a descrivere, ed è semplicemente una sinusoide piana indefinita, corrente fra due linee parallele. Questa sinusoide, secondo H. Martin, è l'*ippica* di Dercillide: anzi l'*ippopeda* di Eudosso non sarebbe, secondo lui, diversa da tal sinusoide. In questo io mi permetto di esprimere un parere contrario a quello dell'egregio espositore di Teone; perchè: 1.° Dercillide in nessun luogo accenna alla identità dell'ippica colla sua pretesa elica piana. 2.° Questa è derivata per sviluppo cilindrico, non già dall'elica platonica, ma dal solo e semplice circolo obliquo dello zodiaco, onde la sua funzione è perfettamente identica a quella di questo circolo, ed essa non spiega gli erramenti dei pianeti più che questo circolo non faccia. 3.° Non si comprende come l'ippica planetaria, che è una curva essenzialmente sferica e rientrante in sè medesima, possa identificarsi all'elica piana di Dercillide, la quale è indefinita. 4.° Eudosso non ha potuto impiegare per le sue ipotesi una linea, che non presenta alcun mezzo di spiegare le retrogradazioni dei pianeti; infatti il corso nella sinusoide è sempre diretto, e non mai retrogrado. 5.° Per quanto io sappia, la sinusoide non ha, per la sua forma, alcun titolo speciale ad esser denominata *curva ippica*. 6.° Finalmente, essa non può identificarsi colla ippopeda d'Eudosso per la semplice ragione, che i movimenti delle sfere planetarie, così chiaramente descritti da Aristotele e da Simplicio, non possono produrla in alcuna maniera. — Io credo piuttosto, che Dercillide, con quella sua digressione affatto fuor di luogo sopra una curva inutilissima per l'astronomia, abbia voluto far pompa di sapere geometrico, anzi che esporre la natura della linea

ippica, la quale egli non intendeva bene. Epperciò la citazione che Dercillide fa, dell' opinione di coloro, i quali volevan derivare gli erramenti dei pianeti dalle linee *elicoidi* e *simili* all' *ippica*, rimane per noi sommamente preziosa e confermativa delle cose in questo articolo dichiarate, sebbene il filosofo platonico co' suoi commenti fuor di luogo ne abbia reso il senso alquanto oscuro.

VI. TEORIE SPECIALI DEI PIANETI SECONDO EUDOSSO.

Nelle antiche teorie planetarie, gli elementi più importanti erano la durata della *rivoluzione zodiacale* e quella della *rivoluzione sinodica*. Simplicio ci ha conservato questa parte delle teorie planetarie di Eudosso, ma, a quanto sembra, soltanto in numeri rotondi: perchè delle rivoluzioni zodiacali le durate sono assegnate in anni intieri, e delle rivoluzioni sinodiche in mesi, e in decine di giorni. Supponendo che i mesi qui designati siano di 30 giorni ciascuno, abbiamo la seguente tavola, dove, per comodo di paragone, a lato dei numeri antichi furono apposti i risultamenti dei moderni.

Pianeta	Rivoluzioni sinodiche		Rivoluzioni zodiacali	
	d' Eudosso.	moderne.	d' Eudosso.	moderne.
Saturno	giorni 390	giorni 378	anni 30	anni 29 giorni 166
Giove	» 390	» 399	» 12	» 11 » 315
Marte	» 260	» 780	» 2	» 1 » 322
Mercurio	» 110	» 116	» 1	» 1 » 0
Venere	» 570	» 584	» 1	» 1 » 0

Sebbene la qualità dei numeri mostri, che in essi non si intendeva dar altra cosa che un' idea grossolana di quei periodi, pure vediamo già in questi primi saggi delle teorie planetarie dei Greci una discreta approssimazione, quale era allora difficile ottenere dalle osservazioni di un sol uomo (1). Nel papiro

(1) Conviene eccettuare la rivoluzione sinodica di Marte, di cui parleremo più sotto. Un singolare effetto della poca attenzione e dell' apatia, con cui generalmente furono considerate le ipotesi astronomiche di Eudosso,

di Eudosso si trova indicata la rivoluzione sinodica di Mercurio in 116 giorni, che è appunto il numero moderno (1): se questo dato, come sembra probabile, proviene da Eudosso, dobbiamo ammettere in lui la nozione di numeri più precisi, quali forse egli ha potuto apprendere in Egitto, od anche da comunicazioni con Babilonia. Dobbiamo però osservare, che nel medesimo papiro è indicata la rivoluzione zodiacale di Marte in due anni (2) e quella di Saturno in 30 anni (3), esattamente come qui sopra. Così stando le cose, è inutile discutere su questi numeri, essendo perfino impossibile di sapere da essi se Eudosso conosceva la relazione fondamentale che è noto esistere fra l'anno solare, la rivoluzione zodiacale di un pianeta, e la rivoluzione sinodica del medesimo. Senza dunque occuparci altro del grado di approssimazione di quei numeri, passeremo ad esaminare quali sono le conseguenze che derivano dall'applicarli al meccanismo fondamentale sviluppato nell'articolo precedente, e quali ne sono i risultati per le teorie dei singoli pianeti, cominciando da

si può vedere presso lo stesso accuratissimo Schaubach, il quale nella sua *Storia dell'Astronomia Greca prima d'Eratostene*, discutendo i numeri qui sopra riferiti, sembra ignorare affatto che la prima delle due serie indica le rivoluzioni sinodiche dei pianeti, e si perde in discussioni inutili per comprendere ciò, che la comparazione di quei numeri coi numeri moderni indica a primo tratto (V. l'opera citata pp. 436-439). Peggio è stato trattato Eudosso da Cornewall Lewis, il quale paragona le rivoluzioni *geocentriche* assegnate da Eudosso per Mercurio e Venere (le quali sono esattamente di un anno, come Eudosso bene ha veduto) colle rivoluzioni *eliocentriche* nel sistema copernicano, che naturalmente sono molto diverse, e che non potevano esser determinate in alcun sistema geocentrico d'astronomia. L'errore rispetto a questi due pianeti, dice egli, è grave ed inesplicabile; ma questo errore è di Cornewall Lewis e non di Eudosso.

(1) LETRONNE, *Journal des Savants*, 1841, p. 544.

(2) LETRONNE, *ibidem*. Erroneamente però Letronne pretende che questa durata si riferisca alla rivoluzione sinodica; il testo dice chiaramente Ἡροειδὴς τὸν ζωδίων κύκλον διεξέρχεται ἐν ἔτεσι β. Si tratta dunque della rivoluzione zodiacale.

(3) Φαίνων δ' ὁ τοῦ ἡλίου ἀστὴρ, τὸν ζωδίων κύκλον διεξέρχεται ἐν ἔτεσιν λ. LETRONNE, *Journ. des Sav.*, 1839, p. 582. Questa denominazione di *astro del Sole* trovasi applicata a Saturno anche presso Simplicio. (V. App. II, § 4); ed è probabile che tanto l'autore del papiro, quanto Simplicio l'abbiano derivata dalla stessa fonte, che era originariamente il libro περὶ ταχῶν d'Eudosso. Diodoro Siculo, II, 30, attribuisce questa denominazione ai Caldei, i quali forse potrebbero avere qualche parte nei numeri d'Eudosso.

1. Saturno. Da quanto si è detto sui fondamenti delle teorie planetarie di Eudosso si vedrà, che per completarne gli elementi basterebbe assegnare per ciascun pianeta il valore dell'inclinazione dell'asse della quarta sfera sull'asse della terza; infatti, con questo solo dato si determinano completamente tutte le misure dell'ippopeda, e con questa il moto sinodico del pianeta e l'ineguaglianza solare e il moto in latitudine è totalmente definito. Sventuratamente Simplicio non dà il valore dell'inclinazione nè per Saturno, nè per gli altri pianeti, ma semplicemente indica che questa inclinazione è diversa nei diversi pianeti (V. App. II, § 5). Su questo punto siamo dunque ridotti a semplici congetture. Siccome però è certo, che Eudosso nello stabilire il suo meccanismo ha avuto principalmente in vista, almeno per Saturno, per Giove e per Marte, il problema delle retrogradazioni, così non crediamo di andar troppo lontano dal vero nel supporre, che egli abbia regolato quelle inclinazioni in modo da ottenere per ciascuno dei tre pianeti accennati, un'ippopeda capace di produrre retrogradazioni di ampiezza uguale agli archi di retrogradazione osservati. Onde, senza pretendere di esporre precisamente quello che ha fatto Eudosso, discuteremo quello che deriva dall'accomodare le sue ipotesi all'osservazione dell'arco di retrogradazione, e vedremo come da questo studio si ricavi la spiegazione di più circostanze singolari, che altrimenti apparirebbero oscure ed inesplicabili. Esaminando dunque la teoria di Saturno da questo punto di vista, e sapendo noi che il suo arco di retrogradazione importa circa sei gradi, con alcuni tentativi e calcoli non sarà difficile trovare, che un tal risultamento si ottiene combinando il moto zodiacale di 30 anni col moto sinodico di 13 mesi sulla terza e sulla quarta sfera, adottando per l'asse di quest'ultima un'inclinazione di 6° rispetto all'asse della terza. Allora la lunghezza totale dell'ippopeda sarà di 12°, e la sua mezza larghezza, cioè la massima digressione del pianeta in latitudine dall'eclittica sarà appena di 9′. La combinazione del moto zodiacale col moto sinodico sull'ippopeda farà descrivere al pianeta, ad ogni rivoluzione sinodica, una curva nodata simile a quella descritta nella figura 14, dove le dimensioni trasversali della curva sono state tracciate in scala dieci volte maggiore di quella adottata per le dimensioni longitudinali, allo scopo di rendere più visibile la natura de' suoi flessi. In questa figura, O è il punto

occupato dal pianeta nell'istante dell'opposizione, A significa il limite orientale della retrogradazione e il luogo della prima stazione, B il limite occidentale della retrogradazione e il luogo della seconda stazione, AB misura l'arco di retrogradazione, C è il luogo della congiunzione superiore. Partendo da quest'ultima fase, in un'ottava parte della rivoluzione perio-

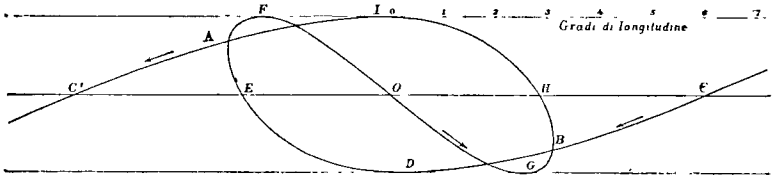


Fig. 14.

dica, il pianeta da C giunge alla prima massima digressione in latitudine D; in un secondo ottavo percorre l'arco DE e ritorna all'eclittica: e così in eguali intervalli di tempo, tutti di un ottavo della rivoluzione sinodica, compie gli spazi EF, FO, OG, HI, IC' ritornando in C' alla congiunzione superiore col Sole, per ricominciare un simile corso in un'altra parte dello zodiaco. Manifestamente le digressioni trasversali di 9' da ambe le parti dell'eclittica si possono considerare come trascurabili affatto per le osservazioni di quei tempi: onde l'effetto realmente sensibile di questo movimento così complesso si riduceva al moto di longitudine, il quale insomma non è altro che una retrogradazione compresa fra due stazioni distanti fra loro circa sei gradi, che è appunto quanto potevano aver osservato gli astronomi di quel tempo. L'anomalia solare di Saturno poteva dunque rappresentarsi dall'ipotesi d'Eudosso con una esattezza eguale ed anzi superiore a quella della osservazioni.

2. Giove. Pel moto di Giove valgono precisamente le medesime riflessioni. Io trovo, che supponendo l'inclinazione di 13°, si ottiene una ippopeda lunga 26° e larga due volte 44'. Se, mentre l'ippopeda descrive col suo centro la rivoluzione zodiacale in 12 anni, si fa descrivere al pianeta la sua rivoluzione sinodica sull'ippopeda in 13 mesi [1], le digressioni

[1] Si può domandare qui, come per tutti gli altri pianeti, *in qual senso* l'ippopeda deve esser percorsa dal pianeta. L'esame attento farà riconoscere, che ciò è affatto indifferente, e che qualunque verso si adotti, il

massime del pianeta dalle due parti dell'eclittica non riusciranno di 0° 44′ e saranno ancora insensibili alle osservazioni, mentre l'arco di retrogradazione sarà di circa 8°. La linea descritta dal pianeta dalle due parti dell'eclittica durante una rivoluzione sinodica sarà rappresentata dalla fig. 15, nella quale le dimensioni trasversali sono state esagerate nel rap-

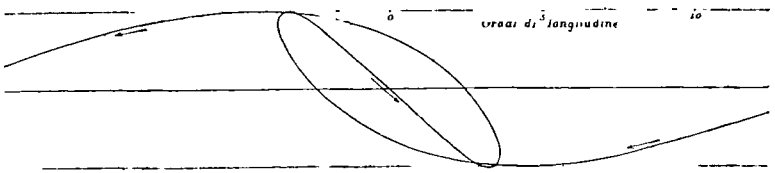


Fig. 15.

porto 3 : 10, perchè si potessero delineare chiaramente le circonvoluzioni della curva. Le fasi del movimento sono analoghe a quelle già descritte per Saturno. Durante una rivoluzione sinodica, il pianeta traversa l'eclittica 4 volte ad intervalli di tempo uguali, tocca due volte il limite australe di latitudine e due volte il limite boreale, e queste otto fasi del movimento dividono il periodo sinodico in otto parti uguali. Le digressioni in latitudine però rimanendo anche per Giove insensibili all'osservazione, possiamo dire che per Giove, come per Saturno, Eudosso raggiunse egregiamente la soluzione del problema proposto da Platone, di rappresentare il loro corso con movimenti circolari ed uniformi ed omocentrici entro il limite della precisione delle osservazioni di quel tempo. Infatti è certo, che l'ampiezza, la durata, e la frequenza delle retrogradazioni sono press'a poco quali risultano dalle supposizioni descritte.

3. Marte. Non affatto la stessa cosa può dirsi per Marte il cui corso apparente nel cielo offriva complicazioni maggiori, e da Plinio era designato col carattere di *maxime inobservabilis* (1). Non è facile comprendere, come Eudosso abbia potuto così

moto di longitudine sarà sempre lo stesso, e sempre ugualmente prossimo al vero; mentre il moto in latitudine cambierà l'ordine delle sue fasi, quella parte della curva descritta dal pianeta, che è sopra l'eclittica, passando al disotto, e inversamente. In una parola, la curva del pianeta subirà una inversione simmetrica rispetto all'eclittica considerata come suo asse.

(1) *Hist. Mundi*, II, 17.

gravemente errare sulla durata della sua rivoluzione sinodica, assegnandole 8 mesi e 20 giorni, cioè 260 giorni, mentre sono veramente 780, appunto il triplo di 260. Ideler pensa che qui sia corso qualche errore, e che si debba leggere ventincinque mesi e 20 giorni [1]; Letronne poi, confondendo la rivoluzione sinodica colla zodiacale, vorrebbe surrogare la durata di due anni o 24 mesi, a torto appoggiandosi sull'autorità del papiro, siccome già si è indicato [2]. Certamente non sembra facile ad ammettere, che Eudosso, il quale conosceva per Marte una rivoluzione zodiacale poco distante dal vero, desse alla rivoluzione sinodica una durata, che si trova con quella in evidente contraddizione, ed ignorasse, che data la rivoluzione zodiacale del pianeta e quella del Sole, è data pure la rivoluzione sinodica [3]. In tale dubbio io seguirò l'usato metodo, di non decidere intorno a ciò che più non è possibile sapere; invece esaminerò a qual risultato conduca l'applicazione della teorica planetaria d'Eudosso alle due ipotesi che si possono fare sulla rivoluzione sinodica da lui adottata per Marte, l'ipotesi cioè di 260 giorni, e l'altra di 780 patrocinata da Ideler. Adottando da prima quest'ultima, si vedrà tosto, che è impossibile ottenere per il corso di Marte una soluzione soddisfacente, e simile a quella già descritta per Saturno e per Giove. Infatti, in tal caso non si giunge ad assegnare per l'ippopeda di Marte alcuna ragionevole dimensione. Se, per esempio, si suppone l'ampiezza della lemniscata anche eguale al massimo limite compatibile colla descrizione di Simplicio, cioè eguale a 180° (il che equivale a porre l'inclinazione uguale a 90°), si ottiene un'ippopeda larga 60°, e quindi si è obbligati ad ammettere digressioni di 30° in latitudine. Malgrado queste concessioni estreme, la velocità retrograda del pianeta nell'ippopeda non

(1) *Ueber Eudoxus*. Abh. der Berl. Akad. für 1830, p. 78.

(2) Vedi sopra la nota (2) a p. 67.

(3) Essendo t il numero dei giorni nella rivoluzione annua solare, z quello della rivoluzione zodiacale d'un pianeta superiore, s quello della rivoluzione sinodica del medesimo pianeta, è noto doversi sempre avere $\frac{1}{t} = \frac{1}{z} + \frac{1}{s}$. Ha conosciuto Eudosso questa relazione? Noi dovremmo dubitarne, considerando i numeri che assegna Simplicio per le rivoluzioni sinodiche e per le zodiacali. Ma noi siamo inclinati a credere, che quei numeri siano stati arrotondati per ragione della memoria, le durate sinodiche essendo espresse in mesi e in decine di giorni, le zodiacali in anni intieri.

giunge ad uguagliare la velocità zodiacale diretta dell' ippopeda stessa, e Marte nell' opposizione non può diventar retrogrado, ma soltanto appare assai rallentato nel suo movimento. Onde produrre una retrogradazione, bisognerebbe supporre l' inclinazione maggiore di 90°, e quindi dare alla terza ed alla quarta sfera movimenti nel medesimo senso, contro l' espressa affermazione di Simplicio; ma con ciò non si guadagnerebbe nulla, perchè ne deriverebbero per Marte latitudini superiori a 30°, cosa che Eudosso non poteva certamente ammettere. — Se invece supponiamo la rivoluzione sinodica di 260 giorni, il moto di Marte lungo l' ippopeda diventa quasi tre volte più rapido che nell' altra supposizione: ed in tal caso si può ottenere una retrogradazione sufficientemente conforme al vero, prendendo l' inclinazione di 34°, la lunghezza totale dell' ippopeda di 68°: allora si ottiene una massima digressione in latitudine di 4° 53', che non è molto diversa dalla vera, e si ha per arco di retrogradazione 16°, che è poco maggiore di quello che generalmente si osserva in questo pianeta. La figura 16

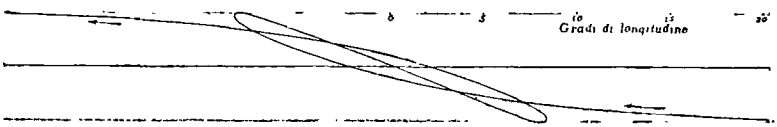


Fig. 16.

mostra la forma del nodo descritto da Marte intorno alle sue opposizioni in tale supposizione. Questo sufficiente accordo colle osservazioni poteva forse indurre Eudosso ad assumere una rivoluzione sinodica eguale ad un terzo della vera; ma in simile ipotesi si dovevano avere due retrogradazioni fuori dell' opposizione col Sole, e sei stazioni, quattro delle quali intieramente immaginarie. — Noi concludiamo da tutto ciò, che qualunque ipotesi fra le due abbia adottato Eudosso, la sua teoria ha fallito intieramente nell' applicazione al pianeta Marte; e pochi decenni dopo, Callippo dovette pensare a correggerla.

4. Mercurio. Per Mercurio e per Venere il luogo medio coincidendo col luogo medio del Sole, è palese che Eudosso doveva supporre per ambidue il centro dell' ippopeda coincidere costantemente col luogo del Sole. E poichè questo centro dista di un quadrante dell' eclittica dai due poli di rotazione

della terza sfera, siccome si è veduto nella generazione di quella curva, ne concludiamo che secondo Eudosso dovevano i poli delle terze sfere di Mercurio e di Venere stare collocati sull'eclittica costantemente in quadratura col Sole, e quindi i poli della terza sfera di Mercurio sempre coincidere coi poli della terza sfera di Venere. Di questa conseguenza della teoria d'Eudosso abbiamo una conferma importante nelle parole di Aristotele (v. Appendice I), dove dice, che secondo Eudosso « i poli della terza sfera sono diversi per alcuni pianeti, identici per Afrodite e per Ermes ». Tale coincidenza, non artificialmente invocata, prova ad un tempo l'esattezza della descrizione d'Aristotele e la verità della presente ricostruzione delle teoriche planetarie del grande astronomo di Cnido.

Poichè il luogo medio del pianeta è il centro dell'ippopeda coincidente col Sole, e poichè la massima elongazione del pianeta da quel centro altro non è che la mezza lunghezza dell'ippopeda, ossia l'inclinazione, concluderemo, che la massima digressione in longitudine di quei due pianeti dal Sole sarà appunto uguale alle rispettive inclinazioni; proprietà questa, di cui possiamo affermare con molta probabilità aver fatto uso Eudosso per determinare la inclinazione di quei due pianeti, tanto più che non si vede qual altro mezzo avrebbe egli potuto usare al medesimo scopo, le retrogradazioni di Venere essendo difficili, e quelle di Mercurio impossibili ad osservare [1]. Non constando però da Simplicio quale fosse il valore assegnato da Eudosso a quelle massime elongazioni, io ho supposto per Mercurio l'elongazione di 23°, che press'a poco risulta dai calcoli moderni, dalla quale si deduce subito la lunghezza totale dell'ippopeda di Mercurio essere 46°; la mezza larghezza dell'ippopeda, ossia la massima digressione in latitudine essere di 2° 14'. Secondo i moderni, tale digressione è un poco maggiore. La curva descritta da Mercurio ad ogni retrogradazione non forma, secondo quest'ipotesi, un nodo chiuso come le altre, ma soltanto una triplice inflessione, come

[1] Secondo l'opinione di alcuni astronomi, citata da Plinio, Mercurio non diventerebbe mai retrogrado nel Toro, nei Gemelli ed in una parte del Cancro (*Hist. Mundi* II, 17); ciò che dalla teoria di quel pianeta si riconosce essere falso. Esisteva dunque ai tempi di Plinio una teoria di Mercurio, colla quale si calcolavano le retrogradazioni di questo pianeta, che all'osservazione sono affatto inaccessibili.

si vede nella figura 17. Si ha qui un arco di retrogradazione di circa 6°, che è molto minore del vero; ma l'errore cadendo in una parte non osservabile del corso sinodico, non può esser imputato a vizio della teoria. Nelle parti visibili di questo corso, le longitudini si possono rappresentare con discreta esattezza, sebbene le epoche delle massime elongazioni non riescano molto conformi al vero.

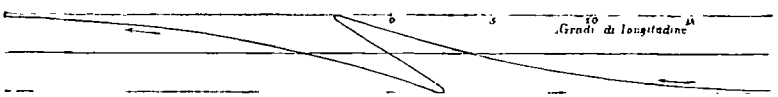


Fig. 17.

5. Venere. Per la rappresentazione del corso di Venere si devono applicare le cose dette per Mercurio, sebbene il risultamento sia lontano dal corrispondere egualmente alle osservazioni. Ammettendo infatti, secondo i moderni, che l'elongazione massima o l'inclinazione di Venere sia di 46°, se ne ricava la lunghezza totale dell'ippopeda uguale a 92°, e la mezza larghezza o la digressione in latitudine di 8° 54′; il che per caso coincide press'a poco colle massime digressioni di latitudine che effettivamente si osservano in quel pianeta. Ma la durata della rivoluzione di Venere sull'ippopeda (570 giorni secondo Eudosso) essendo quasi doppia della rivoluzione lungo lo zodiaco, la celerità in longitudine del primo moto è sempre molto inferiore a quella del secondo. Onde avviene qui per Venere ciò che già si è veduto per Marte; secondo questa teoria d'Eudosso, Venere non può mai diventar retrograda; nè tale errore si può evitare, qualunque valore ad arbitrio si dia all'inclinazione del pianeta. Tuttavia, dobbiamo notare qui, che le stazioni e le retrogradazioni di Venere generalmente si fanno nei crepuscoli solari, dove è difficile la comparazione di quell'astro colle stelle fisse, e potrebbe anche darsi che Eudosso non avesse neppure l'idea della possibilità di quei fenomeni. Ma un altro errore assai grave della sua teoria (in misura minore anche comune colla teoria di Mercurio) stava in questo, che il periodo di 570 giorni della rivoluzione sinodica, doveva, secondo la legge del moto di Venere sulla sua ippopeda, essere diviso in due parti uguali dai due istanti delle massime elongazioni orientale ed occidentale, poichè il moto della terza e della quarta sfera era supposto equabile.

Ora nella verità della natura, dei 584 giorni della sua rivoluzione sinodica, Venere ne impiega bene 441 a passare dalla massima elongazione orientale alla occidentale, e soli 143 per ritornare dall'occidentale all'orientale; onde tutta la rivoluzione sinodica è divisa in due parti, le cui durate stanno fra di loro prossimamente come 3 : 1. In conseguenza di questo errore, le epoche delle massime elongazioni possono differire di 70 e più giorni da quelle convenienti alla teoria di Eudosso, sebbene, a cagione del piccolo movimento di Venere rispetto al Sole, in quelle fasi l'errore sulla elongazione dal Sole e sulla posizione di Venere nello zodiaco non superi 10°. Nella parte inferiore del corso per verità gli errori potevano riuscire anche molto maggiori, ma ciò succedeva soltanto nelle vicinanze della congiunzione inferiore, dove il pianeta non era osservabile.

Un difetto poi si mostrava nelle teorie d'Eudosso rispetto al moto in latitudine; difetto sensibile in Venere, più che in ogni altro pianeta. L'ippopeda taglia l'eclittica in quattro punti, cioè due volte nel centro, e una volta in ciascuno degli estremi. Ne segue, che il pianeta ad ogni rivoluzione sinodica deve

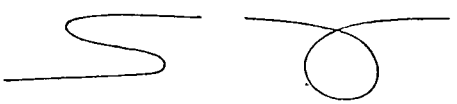


Fig. 18.

traversare l'eclittica quattro volte. Ora ciò è lontanissimo dal vero, perchè la parallasse annua in latitudine è nulla due volte ogni anno, cioè quando la Terra traversa la linea dei nodi; quindi solo anche due volte all'anno deve il pianeta trovarsi sul circolo massimo, che segna sulla sfera celeste il suo movimento eliocentrico. La latitudine del pianeta poi è nulla soltanto quando esso è nella linea dei nodi, cioè due volte in ogni rivoluzione siderea. A questi fatti si annette l'altro, che la forma dei flessi e dei nodi della traiettoria apparente nei mesi intorno all'opposizione ed alla congiunzione inferiore, è veramente meno simmetrica, ma assai più semplice che quella risultante dalle ipotesi d'Eudosso. Invece di un nodo ad intersezione quadrupla, si ha generalmente un nodo semplice, e qualche volta anche solamente un flesso contrario (fig. 18). Queste imperfezioni non erano di gran momento nelle teorie

di Saturno e di Giove, per i quali il moto in latitudine era impercettibile alle osservazioni di quel tempo. Già di qualche importanza potevan riguardarsi nelle ipotesi relative a Marte ed a Mercurio; ma più che altrove erano sensibili nel moto di Venere, che può raggiungere una latitudine di nove gradi.

Con queste riflessioni credo d'aver esaurito quanto è possibile con qualche fondamento dimostrare o congetturare intorno alle teorie celesti d'Eudosso. Riassumendone i tratti essenziali, diremo: Che per il Sole e per la Luna queste ipotesi rendevano buon conto di tutti i fenomeni principali, salvo che dell'anomalia dipendente dall'eccentricità, la quale anomalia da Eudosso era ignorata, o almeno non riconosciuta. Per Giove e per Saturno, e in certa misura anche per Mercurio, davano esse una spiegazione generale abbastanza soddisfacente del movimento di longitudine, delle stazioni e delle retrogradazioni, e di altre fasi dipendenti dall'anomalia solare. Più manifesti erano i difetti della teoria in Venere, e grandissimi e apparentissimi in Marte; onde a correggere le ipotesi di questi due pianeti dovettero presto applicarsi i discepoli e successori di Eudosso. I limiti delle digressioni in latitudine risultavano dalle varie ippopede in assai buona proporzione colle digressioni realmente osservate, sebbene i periodi di queste digressioni e i loro luoghi nel ciclo fossero al tutto errati. Sommando però insieme ogni cosa, e tenendo conto anche dell'astronomia pratica di quei tempi, ogni discreto lettore non potrà ricusare di vedere in questo sistema un'invenzione ben degna d'essere ammirata dagli antichi ed anche dagli astronomi del nostro tempo, i quali non ignorano quanto sia talora difficile la scoperta della verità anche in problemi molto semplici. Ad Eudosso si deve in ogni caso il vanto di aver tentato pel primo la spiegazione geometrica della legge con cui varia il primo e più considerabile dei termini periodici onde sono costituite le ineguaglianze planetarie, cioè quel termine che dipende dall'elongazione dei pianeti dal Sole. Che se ad alcuno le sue teorie planetarie paressero ancora molto rozze, faremo riflettere, che Eudosso non impiegò in ciascuna di esse più di tre costanti, o di tre elementi, cioè l'epoca di una congiunzione superiore, la durata della rivoluzione siderale, a cui è connessa la sinodica, e l'inclinazione dell'asse della quarta sfera su quello della terza, che determina per intiero le dimensioni dell'ippopeda. Oggi richiedonsi a tale ufficio sei elementi per ciascun

pianeta. La qual circostanza raccomandiamo alla considerazione di coloro, che, guardando le cose superficialmente, hanno rimproverato ad Eudosso la complicazione in un sistema, del quale l'astronomia non vide il più semplice e il più simmetrico fino ai tempi di Keplero.

VII. LA RIFORMA DI CALLIPPO.

La dottrina delle sfere omocentriche si conservò nella scuola matematica d'Eudosso anche dopo la sua morte, avvenuta intorno all'anno 355, mentre egli si trovava nell'ancor florida età di anni 53. Menecmo, discepolo di Eudosso ed inventore delle sezioni del cono, si trova annoverato fra coloro che si occuparono di queste ipotesi (1). Di Polemarco Ciziceno, che fu familiare d'Eudosso, leggiamo in Simplicio (2) che studiò anch'egli le sfere omocentriche, di cui aveva probabilmente ricevuto la tradizione diretta dal loro autore. Di Polemarco fu compagno di studio e probabilmente discepolo Callippo, il più abile astronomo del suo tempo (3). Callippo, sebbene nato in Cizico, fu forse troppo giovane per profittare della scuola che Eudosso colà avea tenuto, e sembra che delle teorie di questo astronomo fosse istruito per opera di Polemarco. Che che sia di ciò, egli e Polemarco avendo potuto accertarsi, che le ipotesi eudossiane non soddisfacevano in ogni parte alle osservazioni (siccome nell'articolo precedente il lettore ha potuto vedere), sembra che concepissero il pensiero di riformarle e di perfezionarle; e per poter profittare del sapere di Aristotele, già allora considerato come il primo dei filosofi greci, dopo la morte di Platone, si recarono insieme ad Atene, dove Aristotele insegnava. È credibile che ciò avvenisse durante la seconda dimora di Aristotele in Atene, la quale durò dal 336 al 323 secondo il Grote (4). e nel fiore dell'età di Callippo, che in quest'intervallo appunto aveva stabilito il celebre periodo lunisolare, da lui detto Callippico (5). Ad Aristotele piacevano

(1) Theonis Smyrnaei, *Astronomia*, ed. Martin, p. 332.

(2) Vedi Appendice II, §§ 7 e 15.

(3) Appendice II, § 7. L'età di Callippo può verosimilmente collocarsi fra gli anni 370 e 300 a. C.

(4) Grote, *Aristotle*, pp. 9-10 del 1° volume.

(5) Il primo periodo Callippico cominciò l'anno 330.

assai le sfere di Eudosso, come quelle che collimavano bene colle sue idee cosmologiche, e gli permettevano di stabilire esteriormente all'universo il principio motore del tutto, in opposizione ai Pitagorici, che lo volevano collocato nel centro. Intorno al risultamento di questa specie di congresso astronomico non abbiamo che notizie frammentarie. La conseguenza più durevole e più diretta fu di stabilire le sfere d'Eudosso come base futura delle dottrine peripatetiche sui movimenti celesti, la quale in quelle scuole fu bensì posteriormente modificata, ma non mai totalmente abbandonata. Di Callippo è certo, che emendò e corresse in varie parti le teorie d'Eudosso: non è agevole decidere se solo dietro i risultamenti de' suoi propri studi, o pure anche col concorso d'Aristotele e di Polemarco. La prima supposizione però sembra più verisimile, quando si considera il modo tenuto da Aristotele nel riferire la modificazione introdotta nel sistema di Eudosso, la quale egli attribuisce esclusivamente a Callippo [1]. Ma intorno a questa riforma Callippo non lasciò scritto alcuno; qualche notizia ne abbiamo da Aristotele, come pur ora si disse, e altre non molte restano provenienti da Eudemo, per mezzo della tradizione, già sotto altri riguardi da noi verificata come assai sicura, di Sosigene e di Simplicio. Eudemo era contemporaneo ed amico d'Aristotele, e nello scrivere la sua storia dell'astronomia potè ricavare da Aristotele (se non forse da Callippo medesimo) le notizie brevi, ma chiare, che aveva pubblicato sui lavori di Callippo in questa materia. Sventuratamente Simplicio fu poco liberale nelle comunicazioni che estrasse da Sosigene, ed in totale il sistema definitivo di Callippo ci resta assai meno esattamente noto, che quello di Eudosso. Esporrò il poco che si può dire intorno alle riforme di Callippo, considerando parte a parte i vari corpi celesti a cui tali riforme furono applicate.

1. Giove e Saturno. — Per questi due pianeti noi abbiamo fatto notare, che le ipotesi d'Eudosso si adattavano discretamente bene ai fenomeni. Aristotele ci assicura, che Callippo, serbando per essi la medesima disposizione di sfere che aveva immaginato Eudosso, ne attribuì ad ambidue il medesimo numero. Dunque sembra che Callippo trovasse sufficienti per essi le ipotesi di Eudosso: e si può concludere che la inegua-

(1) Vedi l'Appendice I.

glianza zodiacale dei medesimi gli rimanesse ancora ignota, sebbene nel suo massimo valore arrivi a circa sei gradi, così per l'uno come per l'altro di questi due pianeti. E dobbiamo pure inferire, che egli riguardasse come nulle o come trascurabili le loro digressioni in latitudine.

2. Marte. — I gravissimi errori che la teoria di Eudosso dimostrava per Marte, domandavano una pronta emendazione, e Callippo credette bastasse a ciò l'aggiungere una sola sfera a quelle d'Eudosso. Egli è palese, che questa addizione non

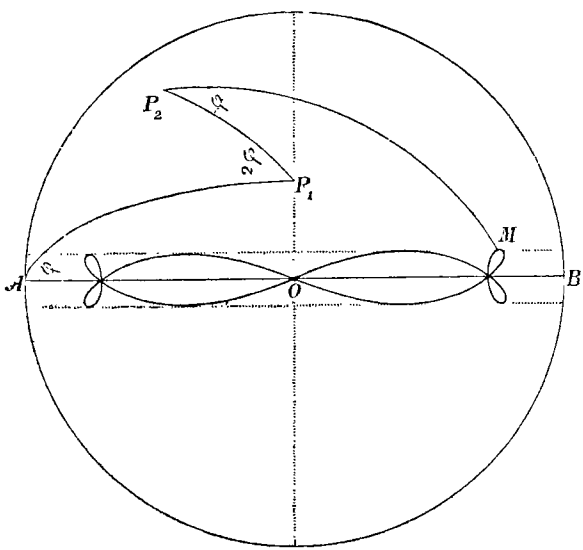


Fig. 19.

dovea riguardare nè il moto diurno, nè il moto zodiacale, ma bensì il moto sinodico, pel quale le due sfere d'Eudosso erano affatto insufficienti a produrre alcuna retrogradazione, a meno di non commettere un grossolano errore sulla durata della rivoluzione sinodica. Ora è certissimo che, serbando il tempo esatto di questa rivoluzione, cioè 780 giorni, si può con tre sfere combinate ottenere una retrogradazione del pianeta nella misura voluta dalle osservazioni, e ciò in vari modi, senza produrre troppo enormi digressioni in latitudine. Il più semplice, e che meglio conserva i limiti naturali della latitudine, è il seguente (fig. 19). Essendo A O B l'eclittica, A e B due punti

opposti della medesima, e descriventi il suo intiero perimetro nel tempo della rivoluzione zodiacale, intorno agli stessi si faccia girare una prima sfera nel tempo della rivoluzione sinodica. Un punto qualunque P_1 dell'equatore di questa sfera si assume come polo di una seconda, la quale giri con velocità doppia in senso contrario alla prima, portando seco il polo P_2 distante di un certo arco $P_1 P_2$, che chiameremo l'*inclinazione*. Intorno al polo P_2 e in senso opposto alla seconda sfera giri, nel medesimo verso che la prima e nel medesimo periodo, una terza sfera, nel cui equatore sia incastrato il pianeta M. È facile comprendere che se all'origine dei tempi i tre punti P_1 P_2 M si trovano ordinati sull'eclittica nell'ordine AP_2P_1MB, dopo qualsiasi tempo l'angolo φ in A sarà uguale all'angolo in P_2 e l'angolo in P_1 sarà doppio di quelli; ed avendosi $AP_1 = MP_2 = 90^\circ$, il pianeta M descriverà lungo l'eclittica e simmetricamente a questa una curva, che varierà di forma secondo il valore che si attribuirà all'inclinazione P_1 P_2. Tale curva, per certi valori dell'inclinazione, si estenderà molto in longitudine e poco in latitudine, ed avendo un centro nel punto O posto in mezzo fra i poli A e B, produrrà, funzionando in modo affatto analogo all'ippopeda, un moto diretto e retrogrado in longitudine, ma avrà sull'ippopeda il vantaggio di poter dare al pianeta nelle vicinanze di O una velocità diretta e retrograda molto maggiore di quella che potrebbe dare l'ippopeda d'Eudosso, dotata della stessa larghezza nel senso della latitudine. Quindi la possibilità di rendere retrogrado il pianeta anche in casi, dove l'ippopeda d'Eudosso è insufficiente a questo scopo.

Se, per esempio, supponiamo $P_1 P_2$ uguale ad un ottavo di circonferenza, si trova che la curva descritta dal pianeta ha la forma disegnata approssimativamente sulla figura 19. La massima digressione in latitudine non eccede $4^\circ\, 11'$: la curva poi occupa in longitudine sull'eclittica $95^\circ\, {}^1/_3$, ed ha due nodi tripli collocati verso le estremità, a 45° dal centro O. Durante una rivoluzione sinodica, il pianeta percorre innanzi e indietro una rivoluzione intiera su questa curva, dilungandosi dalla sua posizione media O di $47^\circ\, {}^2/_3$ da una parte e dall'altra La velocità del moto diretto e retrogrado di longitudine quando il pianeta è al centro in O è 1,2929 volte la velocità del polo P_1 intorno all'asse A B. Essendo ora la rivoluzione di P_1 intorno ad A B eguale alla rivoluzione sinodica di Marte,

cioè a 780 giorni, la velocità diurna sinodica di P_1 sarà di $\frac{360^e}{780}$, ossia di 0°,462 ogni giorno; ciò che moltiplicato per 1,2929 dà 0°,597 per velocità diurna del moto retrogrado sinodico del pianeta sulla curva rispetto ad O, prodotto dalle tre sfere del moto sinodico. Ma poichè il punto O dalla sfera del moto zodiacale è portato con moto diretto lungo l'eclittica in ragione di 0°,525 al giorno [1], così in ultima analisi il pianeta potrà nelle retrogradazioni moversi contro l'ordine dei segni in ragione di 0°,597 — 0°,525, ossia di 0°,072 al giorno: ciò che basta per rappresentare i fenomeni di Marte con una certa approssimazione. E si potrebbero ottenere risultati anche più prossimi al vero aumentando d'alquanto l'inclinazione $P_1 P_2$.

Circa il moto di latitudine, non si ottiene qui alcun risultato migliore che coll'ippopeda: ad ogni rivoluzione periodica il pianeta tocca quattro volte il limite boreale, quattro volte il limite australe (sempre nella latitudine $\pm 4^\circ 11'$), e traversa otto volte l'eclittica, cioè due volte nel centro O della curva, e tre volte in ciascuno dei due nodi. Ma credo necessario avvertire che, sebbene questa sia forse la soluzione più semplice, e quindi anche la più probabile che Callippo potesse dare dei movimenti di Marte coll'addizione di una sola sfera, non possiamo dire con certezza, che tale veramente fosse quella dell'astronomo Ciziceno, niente trovandosi nelle antiche fonti, che possa illuminarci su tale proposito.

3. Mercurio e Venere. — Come per Marte, così pure per Mercurio e per Venere, Callippo aggiunse una sfera per emendare le teorie ancora molto imperfette, che Eudosso aveva per essi proposto. Per Venere si ottiene una rappresentazione alquanto migliore dei movimenti adottando l'artifizio che abbiamo già indicato per Marte, e surrogando all'ippopeda di Eudosso la curva nodata della figura 19. Infatti, ponendo l'inclinazione uguale a un ottavo di circonferenza, e facendo coincidere costantemente il centro della curva col Sole, si ottengono massime elongazioni di $47^\circ\, {}^2/_3$, che molto si avvicinano alle vere. Anche la rapidità con cui Venere dall'elongazione massima orientale passa all'occidentale è meglio imitata:

[1] Supponendo che la rivoluzione zodiacale di Marte sia di 686 giorni, si ha il moto diurno zodiacale $= \frac{360^\circ}{686} = 0^\circ,525$.

perchè nella curva della figura 19, il passaggio da un nodo triplo all'altro nodo si fa in un quarto del tempo sinodico, in un altro quarto il passaggio inverso, i due quarti rimanenti essendo impiegati a percorrere con moto lentissimo le piccole foglie che emergono verso le due estremità, delle quali l'estensione in longitudine è appena di $2^{\circ}\,{}^{2}/_{3}$. Con questo mezzo però non si riesce ad ottenere per Venere un moto retrogrado nella congiunzione inferiore, nè a tale scopo ho potuto pervenire in modo adatto, immaginando altre combinazioni di sfere (1). Forse a Callippo, come ad Eudosso, era ignota l'esistenza di quel moto retrogrado.

Per Mercurio la teoria di Eudosso già dava una discreta approssimazione, e non vi è dubbio che in vari modi l'applicazione di una nuova sfera poteva rendere l'approssimazione anche più soddisfacente. L'incertezza in questo caso è grande, onde lascio ad altri il proporre supposizioni plausibili e probabili sull'argomento, se pure nella totale mancanza d'indicazioni sarà mai possibile che ciò si possa fare.

4. Sole. — Secondo che riferisce Eudemo, Callippo aveva aggiunto due sfere nella teoria del Sole per rappresentare l'anomalia del suo movimento in longitudine, scoperta cento anni prima da Metone e da Eutemone (2). Tale anomalia si manifestava agli astronomi di quel tempo per mezzo delle ineguaglianze dei quattro intervalli, in cui la durata totale dell'anno era divisa dagli istanti dei due equinozi e dei due solstizi. Per un felice evento, si sono conservate nel Papiro d'Eudosso, già più volte nominato in questa memoria, le quattro durate che Callippo attribuiva ai suddetti intervalli (3), onde possiamo farci un'idea della teoria solare di quest'astronomo. Le durate in discorso desunse l'autore del Papiro dal *Parapegma* o calen-

(1) Infatti il moto medio diurno sinodico di Venere essendo $\frac{360^{\circ}}{570} = 0^{\circ},632$ secondo Eudosso, si può, coll'aiuto del meccanismo della fig. 19, produrre nel pianeta un moto retrogrado di $0^{\circ},632 \times 1,2929$, ossia di $0^{\circ},817$. Ma il moto diretto zodiacale nel punto O essendo uguale a quello del Sole, cioè a $0^{\circ},986$ per giorno, il moto risultante del pianeta sotto il Sole sarà ancora diretto, ed eguale a $0^{\circ},169$ per giorno. Si può veramente, con certe combinazioni di sfere, produrre una retrogradazione; ma in tutti i modi da me esaminati questa retrogradazione era accompagnata da movimenti inammissibili in latitudine, o da elongazioni impossibili rispetto al Sole.

(2) V. Appendice II, § 7.

(3) V. Boeckh, *Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, p. 46.

dario meteorologico di Callippo, e sono quindi necessariamente espresse soltanto in numeri intieri di giorni, ciò che è necessario tener a mente nell'esaminarle. La tavoletta seguente dà nella seconda colonna le durate di quei quattro intervalli, quali il Papiro attribuisce a Callippo: nella terza dà le durate che egli avrebbe dovuto trovare secondo la teoria dei moderni [1] nell'anno 330 prima di Cristo: la quarta colonna dà gli errori commessi da Callippo nell'estimare i quattro intervalli. Le tre ultime colonne danno, secondo l'autorità dello stesso Papiro [2], gli analoghi elementi per la teoria solare d'Eutemone, il quale osservò intorno al 430: ciò per uso di comparazione.

Intervalli	Nel 330, secondo		Errore di Callippo	Nel 430, secondo		Errore di Eutemone
	Callippo	i moderni		Eutemone	i moderni	
	g.	g	g.	g.	g.	g.
Equinozio di primavera .						
Solstizio estivo . . .	94	94,17	—0,17	93	94,23	—1,23
Equinozio d'autunno . .	92	92,08	—0.08	90	92,01	—2.01
Solstizio d'inverno . .	89	88.57	+0,43	90	88,52	+1,48
Equinozio di primavera	90	90,44	—0,44	92	90,50	+1,50

Questa tavola dimostra a colpo d'occhio quali progressi avesse fatto l'osservazione del Sole in Grecia durante il secolo 430-330 a. C. Gli errori di Callippo non arrivano in nessun caso alla metà di un giorno; e quindi le durate da lui assegnate nel Parapegma sono tanto esatte, quanto è possibile darle indicandole con un numero intero di giorni. Gli errori di Eutemone vanno fino a due giorni intieri. È importante riflettere, che queste determinazioni non appartengono al genere di quelle che diventano sempre più perfette a misura che si prolungano le osservazioni per anni e per secoli, nelle quali il

(1) Queste durate, secondo i moderni, furono calcolate supponendo che il perigeo solare avanzi di 61″,7 ogni anno rispetto ai punti equinoziali, e che l'eccentricità diminuisca di 4,24 unità della settima decimale ogni anno.

(2) V. Boeckh, *Ueber die vierjährige Sonnenkreise der Alten*, p. 46.

vantaggio è sempre dei più moderni (come per esempio accade nella determinazione dei medi movimenti). Lo studio dell'anomalia del moto solare non trae alcun vantaggio dal tempo; ma solo progredisce colla perfezione dei metodi d'osservazione, e il paragone dei risultati di Eutemone con quelli di Callippo mostra di quanto il secondo avesse perfezionato l'opera del primo.

Non può esservi il minimo dubbio, che se noi possedessimo l'esatta espressione dei risultamenti da Callippo ottenuti colle sue osservazioni equinoziali e solstiziali, ne potremmo ricavare per gli elementi dell'anomalia solare valori assai prossimi al vero. Eudemo narra, che per rappresentare questa anomalia, Callippo impiegava due sfere: ed appena è lecito dubitare, che l'artificio da lui usato per render conto dell'alternata accelerazione e ritardazione del moto solare fosse identico a quello che Eudosso impiegava per rappresentare l'anomalia sinodica dei pianeti, la quale, sebbene molto più sensibile che l'anomalia del Sole, appariva allora analoga ne' suoi effetti. Conservando le tre sfere date da Eudosso nel loro ordine e positura [1], Callippo non ebbe a far altro, che aggiungere due sfere, di cui la prima avesse i poli nella terza sfera d'Eudosso, descrivente il circolo solare con moto uniforme nello spazio di un anno; la seconda, portante il Sole, avesse i poli sulla prima e un asse alquanto inclinato all'asse di questa, con velocità uguale e contraria. Dando all'inclinazione un valore uguale a quello dell'anomalia massima (che risultava a Callippo, come a noi, di circa 2 gradi), l'ippopeda solare derivante dal moto delle due nuove sfere prendeva in lunghezza sull'eclittica 4 gradi, con la digressione in latitudine di appena 1′ dalle due parti dell'eclittica. La perfezione, con cui questa ipotesi è capace di rappresentare il moto del Sole in longitudine è quasi uguale a quella che più tardi si raggiunse coll'eccentrico e coll'epiciclo, e l'errore non tocca che i quadrati dell'eccentricità. La durata dell'anno solare per Callippo era di 365 $^1/_4$ giorni come per Eudosso, siccome risulta dalla considerazione del periodo callippico, in cui 76 anni si suppongono comprendere esattamente 27759 giorni [2].

[1] L'aver Callippo conservata anche la terza delle sfere solari d'Eudosso, mostra che anch'egli ammetteva la nutazione dell'orbe solare rispetto all'eclittica fissa, di che a lungo si è ragionato nell'articolo IV.

[2] Bailly, *Hist. de l'Astr. ancienne*, I, p. 249.

5. Luna. — Callippo aveva rettificato altresì con diligenza il moto della Luna, da lui conosciuto assai più esattamente che da Metone; il periodo callippico di 27759 giorni era supposto abbracciare esattamente 940 lune, onde si ha per durata della lunazione 29 giorni, 12 ore, 44 minuti e quasi 13 secondi; ciò supera la vera durata di soli 10 secondi. Callippo aveva aggiunto alle tre sfere lunari di Eudosso altre due, le quali, se avessimo ad interpretare alla lettera quanto dice Simplicio su tale proposito [1], dovremmo credere fossero state introdotte ancora a cagione delle anomalie scoperte nel moto del Sole da Metone e da Eutemone. A prima giunta parrebbe singolare questo correggere la teoria di un astro per causa delle anomalie di un altro. Tuttavia l'indicazione del buon Peripatetico potrebbe per avventura non essere tanto priva di senso; infatti, se per esempio Callippo avesse ignorato l'anomalia propria della Luna, e avesse riputato necessario di conservare una durata esattamente uguale a tutte le lunazioni, egli avrebbe potuto essere condotto ad introdurre nel moto della Luna in longitudine una anomalia esattamente uguale alla anomalia del moto solare. Nondimeno, io credo assai più probabile, che Simplicio per amor di brevità abbia raccolte insieme in un fascio le indicazioni relative al Sole ed alla Luna, forse mosso da ciò, che Callippo aveva aggiunto a questi due astri un egual numero di sfere. E penso di accostarmi più alla verità, supponendo che l'addizione di due sfere fosse determinata per la Luna da una causa non identica, ma analoga a quella che aveva determinato la medesima addizione pel Sole; cioè dall'anomalia del moto lunare in longitudine, la quale importando qualche volta fino ad 8 gradi, dovea esser presto sensibile, specialmente confrontando fra loro gl'intervalli di tempo occorsi fra più eclissi consecutive di Luna e le longitudini corrispondenti di questo astro, in tal caso facilissime a dedursi da quelle del Sole. Poteva allora quest'anomalia rappresentarsi assai bene con due sfere, analoghe alle due aggiunte al Sole, e giranti l'una contro l'altra nella durata del mese anomalistico [2]. L'inclinazione in questo caso avrebbe dovuto esser

(1) Appendice II, § 7.

(2) Con questa parola non intendo affermare, che Callippo già conoscesse la differenza tra il mese anomalistico e il mese sidereo, e avesse notizia del moto degli apsidi dell'orbe lunare. Se da una parte si può far notare,

uguale alla massima anomalia della Luna, che è in media di 6°; l'ippopeda lunare avrebbe avuto 12° di lunghezza, e la massima sua digressione dal circolo lunare non eccedendo 9′, ne veniva una perturbazione affatto insensibile nel moto di latitudine. Anche per la Luna dunque potevano con queste supposizioni rappresentarsi i fenomeni altrettanto bene che con qualunque altra teoria immaginata prima della scoperta dell'evezione.

Ecco quanto è possibile dire, senza correr pericolo di perdersi in vane congetture, intorno alle correzioni che Callippo aveva apportato alle ipotesi d'Eudosso. Egli aveva paragonato la teoria allora ricevuta col risultato delle osservazioni; aveva trovato delle differenze; conseguentemente si era ingegnato di togliere queste differenze, correggendo le ipotesi anteriori. Procedimento di natura intieramente scientifica, che sarà degnamente apprezzato da chi nel giudicare del merito di quegli antichi investigatori saprà distinguere *il metodo*, che imprime alle ricerche il loro vero carattere, *dai mezzi e dagli strumenti*, che sono circostanze puramente accidentali. Eudosso e Callippo non ebbero strumenti esatti, non ebbero il soccorso della trigonometria; aiutandosi però con costruzioni grafiche, e forse anche con quel ramo della meccanica cui i Greci davano il nome speciale *sferopea* (σφαιροποιία), e che sembra fosse allora assai più necessario e più importante che non adesso [1], essi riuscirono ad acquistare un'idea esatta del movimento risultante dalla combinazione di tante sfere, e seppero adattarne la disposizione ai fenomeni. È certo, che questi mezzi, proporzionati alle esigenze del tempo, allora bastavano a tutti i problemi dell'astronomia teorica e pratica, e che esisteva allora veramente un'*Astronomia senza Trigonometria*; che che abbia in proposito creduto un celebre storico della nostra scienza, il quale in essa sembra non abbia mai voluto veder altro, che

che egli fu assiduo osservatore della Luna, e che il suo coetaneo e compatriota Elicone si occupava nella predizione delle eclissi; si può in contrario anche dire, che la scoperta del moto degli apsidi richiede molte condizioni che non sappiamo se fossero riunite allora nell'astronomo Cizicenо. Trenta o quarant'anni prima, Eudosso ignorava persino l'eccentricità dell'orbe lunare. Meglio è dunque lasciar la questione sospesa.

[1] Secondo gli antichi, *sferopea* (arte di costruire le sfere) chiamavasi quella parte della meccanica che ha per oggetto l'imitazione materiale dei movimenti celesti. V. Proclo, *Comm. Eucl.*, p. 41, ed. Friedlein.

l'occasione di sviluppare una immensa massa di formole trigonometriche, ed ha preso questo bel criterio per base dei suoi giudizi sopra tutti gli astronomi antichi e moderni.

VIII. ULTERIORI MODIFICAZIONI FATTE AL SISTEMA D'EUDOSSO.

I sistemi di Eudosso e di Callippo erano, come già si è fatto notare, semplici costruzioni geometriche ideate per soddisfare alla domanda proposta da Platone, « con quali supposizioni di movimenti regolari ed ordinati si potessero rappresentare le apparenze osservate nel corso dei pianeti ». Come si producessero i movimenti di queste sfere, gli autori del sistema non avrebbero saputo dirlo, probabilmente perchè, come astronomi ed osservatori, essi riguardavano il problema delle cause come fuori di loro competenza, e come appartenente piuttosto alla fisica. Ch' essi dunque siano stati gli autori delle sfere solide di cristallo, che furono e sono tuttavia occasione di tanti dispregiativi epifonemi, è una pura supposizione, la quale non ha in sè il minimo fondamento storico. Eudosso e Callippo non si occuparono neppure del problema di connettere fra di loro i movimenti delle diverse sfere; per essi le sfere di un pianeta formavano un sistema affatto indipendente dalle sfere di un altro, per la semplice ragione, che a spiegare il movimento di ciascun pianeta occorrevano ipotesi adatte specialmente a quello, e indipendenti dalle ipotesi relative agli altri pianeti.

Il problema di connettere in un tutto unico e sistematico l'intiera serie dei movimenti, rendendo le sfere inferiori dipendenti dalle superiori, si presentò invece ad Aristotele, il quale vedeva in una tal connessione meccanica il modo di far valere l'idea fondamentale della sua dinamica cosmica, secondo cui la forza motrice dell'universo dovea esser collocata alla circonferenza e propagarsi fino al centro. Per tal fine egli immaginò di collegare insieme tutte le sfere proposte da Callippo: ad evitare però che i movimenti degli astri superiori si comunicassero agli inferiori, egli, dopo l'ultima e più interiore sfera di ciascun pianeta, e prima della sfera più esterna del pianeta immediatamente inferiore, intercalò un certo numero di sfere

nuove, da lui chiamate *reagenti*. Il modo loro di operare è stato lungamente descritto da Sosigene nel passo che di lui si riporta nell'Appendice II a questa memoria (§§ 8-13); brevemente si può riassumere così. Siano, per esempio, A B C D le quattro sfere callippiche di Saturno. A la più esteriore, D l'ultima o la più interna, la quale porta in sè incastrato il pianeta, e partecipa ai movimenti delle altre. Se interiormente nella D introduciamo una prima sfera reagente D′ ruotantè sui medesimi poli che D con uguale ma contraria velocità, le rotazioni di D e D′ si distruggeranno, ed ogni punto di D′ si muoverà come se fosse connesso invariabilmente colla sfera C. Attaccando dunque entro D′ una seconda sfera reagente C′ ruotante sui medesimi poli che C con uguale ma contraria velocità, le rotazioni di C e C′ si distruggeranno, ed ogni punto di C′ si muoverà come se fosse connesso invariabilmente colla sfera B. Onde, finalmente, attaccando entro C′ una terza reagente B′ ruotante sui medesimi poli che la B con uguale ma contraria velocità, le rotazioni di B e B′ si distruggeranno, ed ogni punto di B′ si muoverà come se fosse invariabilmente connesso colla sfera A. Ma la sfera A avendo per supposizione il moto delle fisse, anche la B′ si muoverà al modo di quelle; e per conseguenza la sfera di Giove si potrà disporre entro B′, come se tutte le sfere di Saturno non esistessero, e come se B′ fosse la sfera stessa delle stelle fisse.

Con questo ragionamento si vede, che quando n è il numero delle sfere deferenti di un pianeta qualunque, l'addizione di n-1 reagenti distrugge l'effetto di altrettante delle prime, ed impedisce alle sfere inferiori di essere disturbate dai movimenti delle superiori. Ed è chiaro altresì, che per la Luna, che è l'ultimo dei pianeti, non occorrono sfere reagenti, Ecco il numero delle sfere deferenti e reagenti supposto da Aristotele, dietro le ipotesi di Callippo:

		deferenti	reagenti
per	Saturno	4	3
»	Giove	4	3
»	Marte	5	4
»	Mercurio	5	4
»	Venere	5	4
»	Sole	5	4
»	Luna	5	0
	Somma	33	22

Il totale è 55, come Aristotele afferma. Sembra però che Aristotele abbia considerato la cosa alquanto superficialmente, perchè in questo numero vi sono sei sfere inutili. Infatti, poichè l'ultima reagente di Saturno ha il moto delle fisse, e la prima deferente di Giove secondo Callippo ha pure il moto delle fisse, queste due sfere, le quali sono contigue, hanno esattamente il medesimo movimento intorno ai medesimi poli, e possono essere surrogate da una sfera unica. Così pure si possono surrogare con una sola l'ultima reagente di Giove e la prima deferente di Marte: con un'altra l'ultima reagente di Marte e la prima deferente di Mercurio, ecc. Un altro abbaglio sembra aver preso Aristotele, per giustificare il quale i suoi numerosi commentatori si sono dati inutilmente una gran pena. Dice lo Stagirita, che se al Sole e alla Luna non si aggiungano le due sfere introdotte de Callippo, il numero totale delle sfere deferenti e reagenti si riduce a 47. Ora il vero numero, com'è facile calcolare, è in questo caso 49. Veggasi nell'Appendice II quanto discorrono Sosigene e Simplicio intorno a tal questione, per noi poco importante.

Di quello che dopo Callippo e Aristotele si fece intorno al sistema delle sfere omocentriche, siamo pochissimo informati. Teofrasto se n'era occupato, e due volte lo troviamo citato in proposito [1]. Eudemo lo conosceva, e sapeva anche assegnare le ragioni delle mutazioni introdotte da Callippo. A lui più che ad ogni altro dobbiamo quanto si conosce intorno alle sferé omocentriche. Quali ulteriori emendazioni abbia subito nelle scuole peripatetiche, è impossibile sapere. Bensì apprendiamo da Simplicio, che fin dai primi tempi fu posta innanzi la formidabile obbiezione che doveva render il sistema inammissibile, quella cioè che si deduce dalla variabilità di splendore dei pianeti, principalmente di Marte e di Venere, la quale conduceva ad ammettere una variazione nelle loro distanze dalla Terra, fatto assolutamente inconciliabile colla concentricità di tutte le sfere intorno al centro della Terra. A tale obbiezione aveva già dovuto rispondere lo stesso Polemarco, uno dei membri dell'assemblea astronomica tenuta in Atene. Queste difficoltà crebbero e divennero insuperabili, quando si scoperse la variazione dei diametri apparenti del Sole e della Luna, e Sosigene, benchè peripatetico egli stesso, sembra non abbia

(1) V. Appendice II, §§ 2 e 13.

poco contribuito ad atterrare il sistema, dimostrando questa variabilità. Oltre a quanto disse su tal questione ne' suoi commentari all' opera di Aristotele *De Cœlo*, Sosigene aveva scritto in proposito un'opera περὶ τῶν ἀνελιττουσῶν, che trattava espressamente delle sfere omocentriche. L' unico passo che ci fu conservato di quest' opera (1), riguarda appunto i diametri del Sole e della Luna, e ci conduce a concludere con probabilità, che essa fosse pure diretta a confutare le ipotesi d' Eudosso, e a dimostrare che non soddisfanno alle osservazioni.

Fra gli astronomi che cercarono di spiegare il corso dei corpi celesti colle sfere omocentriche sarebbe da mettere anche Autolico, l' autore di due noti opuscoli, ancora esistenti, sulle nozioni più elementari del moto diurno e del levare e tramontare eliaco degli astri (2). Sventuratamente, quanto dice Sosigene sui tentativi fatti da Autolico per ispiegare come i pianeti appaiano ora più, ora meno luminosi, non ci dà alcuna informazione positiva, e neppure ci permette di affermare, che le sue ipotesi fossero analoghe a quelle di Eudosso e di Callippo (V. Appendice II, § 14). A noi non resta a far altro che aggiungere il nome di Autolico a quello dei Greci, che prima di Ipparco si occuparono di ordinare la teoria dell' universo secondo i fenomeni.

Esaminando i sistemi cosmici dei Greci nell' intervallo di tempo trascorso fra Eudosso ed Ipparco (360-125), troviamo che in quest' epoca le opinioni furono divise in molti partiti. Perchè, mentre gli ultimi dei Pitagorici si attenevano al sistema degli eccentri mobili (3), Eraclide Pontico già sapeva esser possibile

(1) Procli, *Hypotyposes*, ed. Halma, p. 111. Vedi pure la nota (1) dell' Appendice II, a p. 110 in fine di questa memoria.

(2) Analizzati da Delambre, *Astr. ancienne* I, pp. 19-48.

(3) Il sistema degli eccentri mobili, di cui gli storici dell' astronomia non fanno parola, si trova menzionato da vari autori antichi, cioè Gemino, Nicomaco, Proclo e Teone da Smirne; il quale ultimo, trascrivendo Adrasto Peripatetico, ne dà notizia più ampia e più precisa degli altri. Questo sistema e una varietà di quello che fu poi detto ticonico, ed in esso si deve riconoscere il gradino naturale che condusse alcuni Greci all' idea copernicana, siccome spero di dimostrare in altra circostanza. Nel mio lavoro *Sui precursori di Copernico* ebbi occasione di constatare una lacuna nel corso delle idee che guidarono Aristarco, ed altri prima di lui, all' adozione del sistema eliocentrico. Più tardi riconobbi che tal lacuna è appunto riempita dal sistema degli eccentri mobili, al quale in quel tempo io non aveva ancora prestato la dovuta attenzione.

di spiegare i fenomeni nel modo che fu poi adottato da Copernico, e Aristarco aveva proposto formalmente la stessa ipotesi. Altri invece presero a coltivare la teoria degli epicicli, fra questi Apollonio da Perga, e dopo Apollonio, Ipparco. Malgrado tale concorrenza di opinioni, pare che le sfere di Eudosso fino ai tempi d'Archimede, cioè fino alla fine del terzo secolo avanti Cristo, tenessero il primato non solo nelle scuole aristoteliche, ma anche presso gli astronomi. A questa conclusione mi conducono alcune parole di Archimede nell'*Arenario*, alle quali non sembra che finora siasi prestata molta attenzione. « La maggior parte degli astronomi, dic' egli, suole chiamare *mondo* una sfera, di cui il centro è il centro della Terra, e il raggio è uguale alla retta condotta fra il centro del Sole e il centro della Terra » (1). Questi astronomi, secondo i quali il Sole era ai confini del mondo, non potevano certamente essere nè i Pitagorici coi loro eccentri mobili, nè Apollonio co' suoi epicicli, nè infine Aristarco. Ma potevano essere appunto i fautori delle sfere d'Eudosso e di Callippo. Perchè Eudosso aveva notizia soltanto delle distanze della Luna e del Sole, e sapeva che questo era circa nove volte più lontano di quella. Rispetto alle distanze degli altri pianeti (che generalmente in quel tempo da tutti erano collocati sopra il Sole), nulla vi era di determinato, ed è probabilissimo che, per non supporre intervalli inutili, dei quali non si vedeva alcuno scopo, le sfere motrici di quelli si supponessero vicinissime o coincidenti fra loro, poste sopra il Sole a piccolissima distanza, e vicinissime pure alla sfera limite del mondo, cioè a quella delle stelle fisse, dalle quali i cinque pianeti non si distinguevano che per la varietà dei movimenti. Nè il grado di universalità, che Archimede attribuisce all'opinione da lui riferita, ad alcuna altra opinione meglio si attaglia, che a quella delle sfere, in un'epoca, in cui le scuole peripatetiche erano in grandissimo onore.

Combinando poi questa deduzione con quanto gli antichi scrittori ci narrano delle sfere artificiali costruite da Archimede, si potrebbe forse con qualche apparenza di probabilità argomentare, che tali sfere artificiali fossero costruite dietro i principi del sistema di Eudosso e di Callippo. Questo sistema infatti era allora sufficientemente elaborato nelle sue parti per servire

(1) Vedi l'*Arenario* nell'Archimede di Torelli, p. 319.

ad una imitazione materiale; ciò che non sembra si possa dire degli altri sistemi meno universalmente diffusi nelle scuole. Inoltre è da notare, che il sistema delle sfere omocentriche, per la sua elegante simmetria, sembra fatto apposta per esser tradotto in ingegnosi e semplici meccanismi coll'arte della *sferopea*, siccome chi ha meditato alquanto sulla struttura di quel sistema può agevolmente riconoscere. Queste sono però semplici congetture, che pongo in mezzo come argomento di ulteriori investigazioni.

Più tardi, le diversità di splendore occorrenti in Marte ed in Venere, e la constatata variazione dei diametri apparenti del Sole e della Luna, avendo reso inutile ogni sforzo per evitare nel sistema dell' universo l' irregolarità e la asimmetria proveniente da movimenti eccentrici. la parte geometrica e più interessante del sistema delle sfere dovette cedere all'evidenza dei fenomeni, e cominciò il trionfo degli epicicli. Le scuole aristoteliche allora non avevano ancora chiuso l' occhio e l' orecchio al linguaggio della natura, ed i loro dogmi non si erano ancora cristallizzati sul modello dello Stagirita e de' suoi commentatori. Vediamo quindi Sosigene stesso, uno dei Peripatetici, riconoscere come ulteriormente inammissibile la rigorosa simmetria dell' universo intorno al centro; e non meno lealmente vediamo più tardi confessata la stessa cosa da Simplicio. Quei nobili filosofi, accogliendo la verità quale risultava dall'osservazione empirica (esempio troppo poco imitato da certi moderni capiscuola), tentarono di mettere d'accordo con essa le conseguenze che derivavano dai principi fondamentali della loro scuola. Da questa tendenza nacque una trasformazione del sistema delle sfere, nella quale fu ammesso l' epiciclo sotto forma di una sfera minore incastrata nella grossezza delle sfere maggiori. Nella figura 20, sia O il centro del mondo, ILKM un deferente concentrico, I il centro di un epiciclo; se con raggi uguali ad OA, OB descriviamo intorno ad O due superficie sferiche, BDCE e AFHG, e consideriamo come sfera del pianeta lo strato sferico fra esse compreso; se inoltre

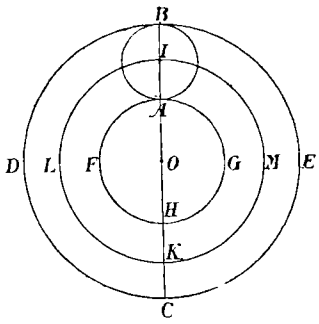


Fig. 20.

immaginiamo che l'epiciclo si costituisca come equatore di una sfera minore A B compresa nella grossezza di quello strato, e che su tale equatore si trovi il pianeta: è palese, che la rotazione simultanea dello strato sferico intorno all'asse del circolo I L K M e della sfera minore intorno all'asse dell'epiciclo I, produrrà lo stesso effetto, che il movimento dell'epiciclo sul deferente, e del pianeta sull'epiciclo. Tale è il sistema delle sfere solide, quale si trova, per esempio, descritto da Adrasto Peripatetico negli estratti che di lui ha dato Teone Smirneo nel suo libro dell'*Astronomia*, e quale fu ripetuto poi da molti scrittori posteriori fino al secolo XVII, con o senza modificazioni. Questa costruzione forse poteva ancora, fino ad un certo punto, corrispondere alle idee cosmologiche degli Aristotelici, ed in tal senso poteva esser considerata come una derivazione del sistema omocentrico. Ma geometricamente parlando, al sistema omocentrico fu implicitamente e intieramente rinunziato dall'istante in cui fu ammesso nell'universo un solo movimento eccentrico rispetto al centro del mondo; e le sfere solide, più che una filiazione delle dottrine d'Eudosso, sono un travestimento di quella degli epicicli. Vera dottrina omocentrica si trova invece ancora presso Alpetragio Arabo, presso Girolamo Fracastoro, e presso il Cosentino G. B. Amici, dei quali il primo nel secolo XII, il secondo ed il terzo nel secolo XVI tentarono nuovamente di spiegare i movimenti celesti con sfere concentriche, rigettando gli eccentri e il moto epiciclico. Ma questi frutti tardivi più non appartengono allo sviluppo organico della scienza, e non formano più parte essenziale della sua storia. Terminerò dunque a questo punto le mie indagini, e sarò pago, se il lettore nel percorrere la presente memoria avrà provato una piccola parte del piacere, che io ho provato nello scriverla.

APPENDICE I

Estratto dal libro XII della Metafisica d' Aristotele

Capo VIII [1].

Eudosso suppose che il Sole e la Luna fossero mossi ciascuno da tre sfere, delle quali la prima è quella (che si move al modo) delle stelle fisse, la seconda (si move) secondo il (circolo) che passa per lo mezzo dei segni zodiacali, la terza secondo un (circolo) collocato obliquamente nella larghezza della zona zodiacale. (Di questi circoli obliqui) quello secondo cui si muove la Luna è inclinato in maggior latitudine che quello secondo cui si muove il Sole. (E dice), i pianeti esser portati ciascuno da quattro sfere, delle quali la prima e la seconda sono le medesime che per il Sole e per la Luna; perchè quella delle stelle fisse appartiene a tutti, e quella che le succede e produce il movimento lungo lo zodiaco è comune a tutti. Ed i poli della terza esser per tutti collocati sul circolo mediano dei segni; della quarta poi il movimento farsi secondo un circolo obliquo rispetto al mezzo della precedente [2]. I poli della terza sfera essere diversi per alcuni pianeti, identici per Afrodite e per Ermes.

Callippo suppose la medesima disposizione di sfere che Eudosso, cioè la medesima successione delle distanze (delle varie sfere d' un medesimo astro): e attribuì a Giove ed a Crono il medesimo numero (di sfere, che Eudosso); ma pel Sole e per la Luna opinò doversi aggiungere due sfere (a ciascuno) per rendere ragione delle apparenze: ai pianeti rimanenti, una per ciascuno.

Ma affinchè dalla simultanea combinazione di tutte (le sfere) si renda ragione delle apparenze, è necessario, per ciascuno dei pianeti, vi siano (oltre alle precedenti), altrettante sfere

(1) ARISTOTELES, *Græce ex recensione Immanuelis Bekkeri edidit Academia Regia Borussica*. Tom. II, pp. 1073-1074. Berolini 1831.

(2) Intende senza dubbio l' *equatore* della sfera precedente.

reagenti [1] meno una, le quali restituiscano sempre alla medesima posizione la prima sfera dell'astro immediatamente inferiore; perchè così soltanto avviene che si producano i movimenti dei pianeti. Ora, essendo le sfere, in cui si muovono, da una parte otto, e d'altra parte venticinque [2], di esse soltanto quelle non dovranno esser rigirate all'indietro, dalle quali dipende il movimento dell'infimo di tutti (gli astri) [3]. Pei due primi (astri) le (sfere) reagenti saranno dunque sei, e per i quattro che seguono, sedici; e il numero totale delle sfere motrici e reagenti sarà di cinquantacinque. Che se al Sole ed alla Luna non si aggiungano i movimenti che abbiamo detto, il numero totale delle sfere sarà di quarantasette [4].

APPENDICE II

Estratto dal Commentario di Simplicio al libro secondo di Aristotele, De Cœlo [5].

1. Primo dei Greci, Eudosso di Cnido (come narrò Eudemo nel secondo libro della *Storia dell' Astronomia*, e Sosigene dietro l'autorità d'Eudemo) dicesi aver per mezzo di simili ipotesi tentato di sciogliere il problema proposto, come narra Sosigene, da Platone a quelli che di tali cose si occupavano; con quali

(1) ἀνελιττούσας, cioè rivolgenti in senso contrario. Lo stesso termine è dai posteriori, come Sosigene e Simplicio, preso in più ampio significato, e comprende tutte le sfere del sistema, sia deferenti, che reagenti: nel qual caso abbiam tradotto lo stesso vocabolo con la parola *revolventi*.

(2) Cioè otto quelle di Giove e di Crono (aventi quattro sfere ciascuno secondo Callippo), e venticinque quelle degli altri cinque astri (aventi ciascuno cinque sfere secondo Callippo).

(3) Cioè della Luna.

(4) Questo numero già così stava negli antichi esemplari, per testimonianza di Sosigene, Temistio, Simplicio, Alessandro e Porfirio, nei loro commenti ad Aristotele. Vedi su questo numero l'Appendice II, § 12.

(5) Brandis, *Scholia in Aristotelem edidit Academia Regia Borussica* (Berolini 1836), pp. 498-504; Simplicii, *Commentarius in IV libros Aristotelis De Cœlo ex recensione Sim.* Karstenii, *mandato Regiæ Academiæ disciplinarum Nederlandicæ editus* (Trajecti ad Rhenum 1865), pp. 219-229. Non ho tenuto conto dell'edizione aldina del 1526, malgrado le notevolissime differenze ch'essa presenta colle edizioni più recenti. Consta infatti fin dal 1810, per le ricerche d'Amedeo Peyron, d'illustre

supposizioni cioè di moti regolari ed ordinati si potessero rappresentare i fenomeni osservati nei movimenti dei pianeti... Eudosso di Cnido assunse a tal bisogno l'ipotesi delle sfere dette revolventi [1].

2. Ad Eudosso dunque, ed a quelli che furono prima di lui, pareva il Sole moversi di tre movimenti, cioè di quello che segue la rivoluzione delle fisse da oriente in occidente, del moto che conduce secondo l'ordine inverso per i dodici segni, e d'un terzo movimento laterale rispetto al circolo mediano dello zodiaco; il qual ultimo fu concluso da questo, che il Sole nei solstizi estivi ed invernali non sorge sempre dal medesimo luogo [2]. Per questo Eudosso stabilì, il medesimo esser portato da tre sfere, che Teofrasto chiama ἀναστρους (prive di stelle), perchè non portano alcuna stella, connessa ciascuna con le inferiori, e condotta in giro dalle superiori. Perchè, essendo il Sole animato da tre movimenti, era impossibile farlo muovere in contrarie parti da una sola ed identica sfera; essendo che nè il Sole, nè la Luna, nè gli altri pianeti si muovono da loro medesimi, ma vanno in giro fissati sopra un corpo circolare. Veramente, se il giro del movimento in longitudine si facesse nel medesimo tempo, che la digressione secondo la latitudine, sarebbero sufficienti due sfere: una pel moto, secondo le fisse da oriente in occidente; l'altra girante intorno ad un asse fissato nella prima perpendicolarmente al circolo obliquo, lungo il quale apparirebbe il Sole fare il suo cammino. Così non essendo le cose, e tal circolo essendo percorso in un tempo diverso da quello in cui si restituiscono le

memoria, che l'aldina non è un testo originale, ma sì bene una traduzione in *greco*, fatta sopra una versione *latina* anteriore. Vedi PEYRON, *Empedoclis et Parmenidis fragmenta ex codice Taur. restituta et illustrata*, Lipsiæ 1810, pp. 3-26. Ho pure fatto confrontare alcuni passi col Codice di Simplicio, che esiste presso la Biblioteca della Regia Università di Torino.

(1) ἀνελιττουσῶν. È il nome con cui si trovano frequentemente designate le sfere d'Eudosso dagli autori posteriori a lui. Ho evitato nella presente memoria questa designazione, come quella che presenta qualche ambiguità, avendo Aristotele (v. qui sopra Appendice I) designato col medesimo nome quella classe speciale di sfere da lui aggiunte, che servono a distruggere i movimenti delle altre. Noi indicheremo sempre col nome di *deferenti* le sfere motrici: con quello di *restituenti* o *reagenti* quelle aggiunte da Aristotele: col nome generale di *omocentriche* o *di revolventi* l'insieme delle une e delle altre, come nel corso della memoria si è fatto.

(2) Sottintendi *dell'orizzonte*.

digressioni in latitudine, è necessario supporre ancora una terza sfera, affinchè a ciascuno dei fenomeni osservati abbiasi un corrispondente movimento. Così dunque, avendosi tre sfere concentriche fra loro e concentriche all'universo, (Eudosso) suppose che la più esterna giri intorno ai poli del mondo nello stesso senso che la sfera delle fisse, compiendo la sua rivoluzione nel medesimo tempo: che la seconda, minore della prima e maggiore della terza, giri da occidente verso oriente intorno ad un asse, come abbiam detto, perpendicolare al piano del circolo che passa per lo mezzo dello zodiaco; e che l'ultima e più piccola di tutte sia anch'essa condotta in giro nel medesimo senso che la seconda, ma intorno ad un altro asse immaginato perpendicolarmente al piano d'un certo circolo massimo ed obliquo, che il Sole si suppone descrivere col proprio centro, portato com'è dalla sfera minore di tutte, nella quale è fissato. E il ritardo prodotto da questa sfera (Eudosso) suppone di gran lunga più lento, che quello prodotto dalla sfera che la contiene, ed è media di posizione e di grandezza: com'è chiaro dalla memoria che egli scrisse *intorno alle velocità* (περὶ ταχῶν). Ora, la maggiore delle tre sfere, nel suo moto con cui accompagna le fisse, rivolge anche le altre due, per questo ch'essa in sè porta i poli (della seconda), e la seconda sfera quelli della terza, a cui è attaccato il Sole. Similmente (la seconda) avendo in sè i poli (della terza), la fa girare del proprio moto, e con essa anche il Sole; onde questo sembra girarsi dall'orto all'occaso. Che se le due sfere media [1] e minima fossero per sè stesse immobili, il Sole si moverebbe di moto esattamente uguale ed isocrono alla rivoluzione (diurna) dell'universo. Ma rivolgendosi quelle due in direzione contraria, il ritorno del Sole da un levare al levare consecutivo ritarda rispetto al tempo sopradetto. E tanto basti del Sole.

3. Rispetto alla Luna, le cose furono (da Eudosso) ordinate parte in modo simile, parte in modo diverso. Anch'essa è portata da tre sfere, perchè anche in essa furono osservati tre movimenti. Di esse, una si muove similmente al moto delle fisse; l'altra gira in senso inverso alla prima, intorno ad un asse perpendicolare al piano dell'eclittica [2], appunto come pel

(1) Leggo μέση col BRANDIS. KARSTEN ha μεγίστη, ciò che è senza dubbio erroneo.

(2) Per brevità, alla perifrasi: *circolo che divide per mezzo lo zodiaco*,

Sole. La terza non è intieramente come la terza sfera del Sole, essendo ad essa simile per la posizione, ma non pel movimento, il quale succede in senso contrario a quello della seconda sfera, e in senso simile a quello della prima, con lenta rivoluzione intorno ad un asse perpendicolare al piano del circolo che sembra percorso dal centro della Luna: di questo piano l'inclinazione sul piano dell'eclittica è uguale alla massima digressione della Luna in latitudine. E manifestamente la distanza dei poli della terza sfera da quelli della seconda, contata sulla periferia del circolo massimo, immaginato per ambidue questi poli, è uguale alla metà di tutto il movimento della Luna in latitudine. La prima sfera poi suppose (Eudosso) per (spiegare) il moto suo (diurno) da oriente in occidente; la seconda per il ritardo che nella Luna si osserva lungo lo zodiaco (moto diretto in longitudine); la terza, perchè essa non sembra raggiungere nei medesimi punti dello zodiaco la sua posizione più boreale e la sua posizione più australe, ma trasporta sempre questi punti contro l'ordine dei segni: onde il moto di questa sfera succede pel medesimo verso che quello della sfera delle fisse. Ed a cagione della piccola quantità della retrogradazione, che i suddetti punti fanno nello spazio di ciascun mese, (Eudosso) suppose assai lento questo moto della terza sfera verso occidente. Questo per la Luna.

4. Rispetto ai cinque pianeti, Aristotele, esponendo l'opinione d'Eudosso [1], dice, che essi si muovono portati da quattro sfere ciascuno, delle quali la prima e la seconda sono le stesse, ed hanno la stessa posizione che le prime due sfere del Sole e della Luna. Per ciascun pianeta la sfera che contiene tutte le altre gira intorno all'asse del mondo dall'orto all'occaso nello stesso periodo che la sfera delle fisse; la seconda, la quale ha i poli nella prima, fa anche la sua rivoluzione nel senso opposto da occidente in oriente intorno all'asse ed ai poli dell'eclittica in un periodo eguale al tempo che ciascun pianeta sembra impiegare a far il giro di tutto lo zodiaco. (Eudosso) dice quindi che per le stelle di Ermes e di Eosforo la rivoluzione della seconda sfera si fa in un anno, per quella di Ares

sostituisco la parola *eclittica*, sebbene questo nome non si trovi usato dagli antichi prima di Achille Tazio, scrittore del quarto secolo dell'èra cristiana.

[1] Vedi il passo del libro XII della *Metafisica*, riferito qui sopra nella Appendice I.

in due anni, per quella di Giove in dodici, in trenta per la stella di Crono, che gli antichi chiamavano l'*astro del Sole*.

5. Le altre due sfere (dei pianeti) stanno poi come segue: la terza sfera di ciascuno ha i poli lungo il circolo dell'eclittica, che si può immaginare descritto nella seconda sfera dello stesso pianeta, e si gira da mezzodì a settentrione in un periodo uguale all'intervallo, che ciascuno impiega da un'apparizione all'apparizione seguente (1), durante il quale esso prende rispetto al Sole tutte le configurazioni: il quale intervallo i matematici chiamano *rivoluzione sinodica* (2). Questo è diverso per i diversi pianeti, e quindi la rivoluzione della terza sfera non è uguale per tutti (i pianeti); ma, secondo Eudosso, per la stella d'Afrodite dura diciannove mesi, per quella di Ermes tre mesi e due terzi (3), per quella di Ares otto mesi e venti giorni (4), per le stelle di Giove e di Crono tredici mesi prossimamente per ciascuna. Tale dunque è il moto e il tempo rivolutivo per la terza sfera. La quarta sfera, che è quella che porta l'astro, si aggira secondo un certo circolo obliquo intorno a poli peculiari (e diversi) per ciascun pianeta, con periodo sì uguale a quello della terza sfera, ma in senso contrario da levante a ponente. Questo circolo obliquo è inclinato sul massimo dei paralleli, che sono nella terza sfera, secondo ch'egli dice, nè in modo uguale, nè della medesima quantità in tutti.

6. Manifestamente poi quella delle sfere, che si muove come la sfera delle fisse, fa girare con sè in ugual modo le altre, che portano ciascuna i poli della seguente, e così anche quella che porta l'astro, e l'astro insieme; e per questo modo produce il levare e il tramontare di ciascuno di essi. La seconda sfera poi li fa muovere nel giro dei dodici segni, come quella che si aggira intorno ai poli dell'eclittica, e trasporta verso le parti conseguenti dello zodiaco (5) le altre due sfere coll'astro,

(1) Quando, dopo la congiunzione col Sole, esce dai raggi solari, e forma alla mattina ciò che si chiama *apparizione* (φάσις) o *levare eliaco*.

(2) διεξόδου χρόνον. È il tempo della rivoluzione nell'epiciclo secondo il sistema tolemaico.

(3) ἐν μησὶ τρισὶ δίμοιρον, Karsten. Brandis ha la variante equivalente ἐν ἡμέραις δέκα καὶ ἑκατόν.

(4) Questa durata è falsa, ma tutte le edizioni portano tal numero, e così pure il latino di Guglielmo da Meerbeke.

(5) Cioè da occidente in oriente: secondo il termine tecnico latino, *in consequentia*.

nel tempo che ciascun pianeta a noi sembra percorrere il detto circolo. La terza sfera, che ha i suoi poli nella seconda collocati lungo l'eclittica, rivolgendosi da mezzodì a settentrione e da settentrione a mezzodì, conduce seco la quarta, che porta l'astro, e cagiona il movimento di questo in latitudine. Nè però è sola a produrre questo effetto; perchè, quanto seguendo la medesima (terza sfera) l'astro si è avanzato verso i poli dell'eclittica e si è avvicinato ai poli del mondo, (di altrettanto retrocedendo) la quarta sfera, che gira intorno ai poli del circolo obliquo su cui è l'astro, e compie la sua rivoluzione in senso contrario alla terza da levante verso ponente in egual tempo, gli fa di più traversare l'eclittica, obbligando l'astro a descrivere da ambi i lati di questo circolo la (linea curva) detta da Eudosso *ippopeda*. Questa occupa appunto (co' suoi flessi) tanta larghezza, quanto è il moto dell'astro in latitudine; ciò che fu causa di rimproveri contro di Eudosso. Tale è il sistema delle sfere secondo Eudosso: ventisei di numero, distribuite sopra sette (astri), cioè sei per il Sole e per la Luna, e venti per gli altri cinque.

7. Callippo Ciziceno, il quale studiò con Polemarco conoscente d'Eudosso, venne con esso Polemarco in Atene per conversare con Aristotele sulle invenzioni d'Eudosso, e per rettificarle e completarle col suo concorso. Perchè, credendo Aristotele, che tutte le cose celesti dovessero muoversi intorno al centro del mondo, preferì la supposizione delle sfere revolventi omocentriche all'universo, e non quella degli eccentri, adottata da più recenti... Intorno a Callippo, Aristotele scrisse quanto segue, nel libro duodecimo della Metafisica: « Callippo suppose la medesima disposizione di sfere, che Eudosso, cioè la medesima successione nelle distanze, e attribuì il medesimo numero di sfere tanto a Giove che a Crono; ma pel Sole e per la Luna opinò doversi aggiungere due sfere (a ciascuno) per rendere ragione delle apparenze; ai pianeti rimanenti, una per ciascuno ». Sono dunque, secondo Callippo, in tutto le sfere cinque volte cinque, più due volte quattro, il che fa trentatrè sfere. Non si conosce però alcuno scritto di Callippo, il quale spieghi la ragione delle sfere aggiunte, nè Aristotele la diede. Eudemo tuttavia narrò brevemente per ragione di quali apparenze (Callippo) pensava fossero da aggiungersi quelle sfere: riferisce infatti che il medesimo diceva, che se veramente esistono fra i tempi dei solstizi e degli equinozi differenze tali

d'intervallo, quali Eutemone e Metone credettero (d'aver trovato), non sono sufficienti a ciascuno (Sole e Luna) tre sfere per salvare i fenomeni, e ciò a cagione dell'anomalia che ne consegue nei loro movimenti. La ragione poi, per cui (Callippo) aggiunse una sola sfera per ciascuno dei tre pianeti Ares, Afrodite ed Ermes, fu spiegata brevemente e chiaramente da Eudemo [1].

8. Ma Aristotele, dopo narrata l'opinione di Callippo intorno alle sfere revolventi, aggiunse: « Affinchè dalla simultanea combinazione di tutte (queste sfere) si renda ragione delle apparenze, è necessario, per ciascuno dei pianeti, aggiungere alle precedenti altrettante sfere reagenti meno una, le quali restituiscano sempre alla medesima posizione la prima sfera dell'astro immediatamente inferiore, perchè così soltanto è possibile che si producano i movimenti dei pianeti ». Queste cose essendo dette da Aristotele così brevemente e chiaramente, Sosigene, nel lodarne la sagacità, intraprese di trovare a qual necessità servissero le sfere da lui aggiunte [2]; e dice essere necessario introdurle nelle ipotesi, affinchè ne derivi posizione e velocità conveniente tanto per quella sfera che rappresenta il moto diurno di ciascun pianeta, quanto per le altre a quella inferiori. Perchè deve ognuna delle sfere simili (per moto e per posizione) a quella delle fisse, o ad un'altra, moversi con questa intorno al medesimo asse ed in un periodo uguale: delle quali cose niente si può ottenere senza l'addizione delle sfere, di cui parla Aristotele. Prendiamo, dice Sosigene, per spiegarci più chiaramente, quelle sfere che portano l'astro di Giove. Se dunque nell'ultima delle quattro (sfere) di Crono, nella quale questo pianeta è incastrato, adatteremo i poli della prima sfera di Giove: in che modo potranno questi rimanere nell'asse della sfera delle fisse, mentre la sfera che li porta si aggira intorno

(1) Sembra che qui manchi qualche cosa nel testo di Simplicio.

(2) Lungo tempo sono stato dubbioso, se non fosse meglio sopprimere affatto quanto segue da questo punto fino al § 14, dove in più pagine sono diluite idee, che più chiaramente noi esprimeremmo con dieci linee. A giudicare da questo tratto, nel quale Simplicio per lo più riferisce testualmente, o quasi, le parole di Sosigene, dovremmo credere che costui fosse il più prolisso e il più noioso scrittore de' suoi tempi. Tuttavia mi sono finalmente deciso a non troncar nulla, non foss'altro che per rispetto a quel filosofo-astronomo, del quale questo è forse l'unico saggio di qualche importanza, che sia arrivato fino a noi.

ad un asse diverso e obliquo a quello? Eppure è necessario che quei poli rimangano sul detto asse del movimento più esteriore, se vogliamo che la sfera girante intorno ad essi serbi la disposizione che ha quella delle stelle fisse. Ora, poichè le tre (ultime) sfere che portano l'astro di Crono, girano insieme connesse, e connesse colla prima, avendo ciascuna una velocità sua propria: certamente il moto della quarta non sarà semplice, ma composto con quelli di tutte le sfere superiori. Mostreremo infatti, che quando più sfere si rivolgono in sensi fra loro contrari, si perde una parte delle velocità appartenenti alle loro rotazioni; quando invece i movimenti cospirano, alla celerità propria di ciascuna (delle inferiori) si aggiunge altro movimento comunicato dalle superiori. Se quindi all'ultima sfera, a cui è fissato l'astro di Crono, si connetta immediatamente la prima di Giove, assegnandole la velocità che le conviene, affinchè nella conversione (diurna) del mondo compia anch'essa il suo giro nel medesimo verso; i movimenti delle sfere che stanno di sopra non le permetteranno di conservare questa sua velocità, ma vi sarà un'addizione; perchè si moveranno verso l'occaso e la sfera portata e quelle altre pel medesimo verso [1]. Lo stesso vale delle altre sfere successive; il movimento diventerà vieppiù composto, ed i loro poli usciranno dalla posizione loro conveniente. Ma, come abbiamo detto, è necessario che non avvenga nè l'una, nè l'altra di queste cose. Affinchè dunque ciò non avvenga, e non si produca così alcun disordine, immaginò (Aristotele) « le sfere reagenti, e restituenti sempre alla medesima posizione la prima sfera dell'astro immediatamente inferiore ». Perchè tali appunto sono le sue parole, ed indicano ambo i motivi per cui egli quelle sfere introdusse: cioè col dir « reagenti », la restituzione del movimento alla propria velocità: col dir « restituenti sempre alla stessa posizione la prima sfera dell'astro immediatamente inferiore », la stabilità dei poli nella conveniente posizione. Secondo questi poli infatti s'immagina la positura delle sfere mobili, essendone questi i soli punti fissi. E disse poi che da quelle sfere restituenti viene ristabilita la prima sfera dell'astro immediatamente inferiore, perchè prendendo questa, in virtù di tale restitu-

[1] Cioè le quattro sfere di Saturno, le quali già tutte hanno il moto diurno della prima di esse; la prima di Giove per supposizione.

zione [1], la posizione e la velocità che le si compete, ogni cosa nelle sfere consecutive (dello stesso astro) si ordina a dovere. Come poi questo accada, lo dimostrò Sosigene premettendo alcune cose utili al discorso, di cui ecco qui un sunto.

9. Date essendo due sfere omocentriche, come DE, ZH [2], più una terza esteriore che le contenga, o fissa, o conducente le altre in giro [3]: poniamo che le due prime si rivolgano di moti contrari (sui medesimi poli) con eguale velocità, ossia in ugual tempo; dico che tutti i punti della sfera interiore conserveranno rispetto alla sfera più esterna una medesima posizione, come se la sfera interiore non fosse stata mossa. Poniamo che DE sia mossa come da A verso B: se essa portasse seco la minore ZH, e questa non si rivolgesse in senso contrario, si vedrebbe, al passare di D sotto B, venir Z sotto B [4] in egual tempo.

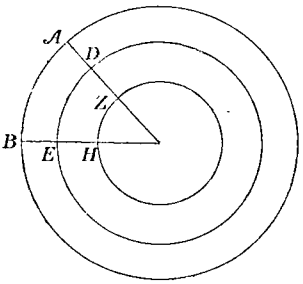


Fig. 21.

Ma se la ZH è mossa dalla DE, e nello stesso tempo ruota di moto proprio in senso contrario, di quanto essa ZH è mossa avanti, di tanto essa stessa regredirà: onde, quando D sarà sotto B, Z resterà sotto A dov' era prima, ed apparirà la verità della proposizione. Rimanendo dunque fissa la AB, è chiaro quanto si è dimostrato, e che succedendo i due moti contrari, ogni punto della sfera interiore rivoluta e controvoluta conserverà sempre rispetto ai medesimi punti della sfera esterna la medesima posizione: il che non avverrebbe, se si rivolgesse soltanto in un senso. Se poi AB fosse in movimento, o nello stesso senso della seconda sfera DE o in senso contrario, le stesse cose avverranno circa i punti della terza sfera ZH, purchè questa insieme sia rivoluta con DE e

(1) ἀνάλειψιν Karsten. ἀνείλησιν Brandis.

(2) Vedi la figura 21, la quale non trovandosi in alcuna delle edizioni, ho cercato di ristabilire coll' aiuto del testo.

(3) Leggo con Brandis εἴτε μενούσης εἴτε περιαγομένης ἐκείνας; ciò che dà un senso migliore della lezione di Karsten, εἴτε κινουμένης εἴτε μενούσης τῆς περιεχούσης, che non spiega abbastanza.

(4) Tanto Brandis quanto Karsten hanno A invece di B: ciò che è manifestamente un errore, ed in contraddizione con quello che segue.

controvoluta come prima. Infatti, se la sfera AB gira da A verso B portando seco la DE in modo che D venga verso E, la sfera di mezzo DE si volgerà o nel medesimo senso che AB. o nel senso opposto a qualsiasi velocità rispetto alla AB, ma però sempre con periodo uguale a quello della ZH; e portando seco questa, farà che il punto Z esca fuori dalla dirittura di A. Ma la terza sfera rivolgendosi (da sè) in contrario, di nuovo porterà Z sotto A, e lo stesso continuamente accadendo, tutti i punti della sfera ZH rimarranno sotto i medesimi punti della sfera AB. Così dunque è dimostrata la proposizione per le sfere che si aggirano intorno al medesimo asse. Lo stesso vale però anche quando non si muovono intorno al medesimo asse [1] Perchè la coincidenza dei punti sotto i medesimi punti non è prodotta dal moversi (questi punti) sotto i medesimi paralleli ma dal volgersi e dall'opposto rivolgersi della sfera contenuta (ZH) rispetto alla contenente (AB), per cui quella tanto perde di movimento, quanto guadagnava; sia che questi opposti movimenti si facciano in un circolo obliquo, oppure in un circolo perpendicolare (all'asse intorno a cui si muove AB).

10. Di nuovo, se abbiansi due sfere omocentriche mosse nella medesima direzione con certa velocità, e si metta che la minore non solo si muova colla maggiore, ma sia dotata pur di velocità propria ed uguale nel medesimo senso: il movimento così composto (della minore) si farà con velocità doppia E se la velocità (propria) della minor sfera sarà doppia, la velocità sua composta sarà tripla, e così di seguito. Perchè se la maggiore muoverà la minore di un quadrante, e la minore con ugual velocità propria procederà d'un quadrante, questa avrà avanzato di due quadranti; e quindi il suo moto composto di due sarà doppio del moto dell'altra. Queste cose, dice (Sosigene), stanno pel caso in cui i movimenti si facciano intorno ai medesimi poli. Che se i poli saranno diversi, diverso sarà pure l'effetto, a cagione dell'obliquità dell'altra sfera (rispetto alla prima). Perchè allora le velocità non si comporranno in questa maniera, ma, come si usa dimostrare col parallelogramma, produrranno un movimento secondo il diametro [2],

[1] Cioè quando l'asse della prima sfera AB è diverso dall'asse comune intorno a cui in tempi uguali e in senso contrario si rivolgono la seconda e la terza sfera DE, ZH.

[2] Cioè la diagonale.

composto di due movimenti, dei quali l'uno è quello di un punto che si muova seguendo la lunghezza del parallelogramma, l'altro di un punto che si muova percorrendo la larghezza del parallelogramma in egual tempo che impiega il primo a percorrer la lunghèzza. Perchè in tal modo il punto si troverà simultaneamente all'altro estremo così del diametro, come della lunghezza di ciascuno dei lati percorsi: e siccome il diametro non è eguale alla linea spezzata formata da questi lati, ma minore, così la velocità composta delle due sarà minore della loro somma [1]. Il simile dicasi, quando rivolgendosi due sfere omocentriche intorno ai medesimi poli, od intorno a poli diversi, ed in direzioni contrarie, in guisa che la minore ad un tempo sia portata dalla maggiore, e si mova (di moto proprio) contro a quella: ogni punto della minore impiegherà a far la sua rivoluzione più tempo, che non occorrerebbe, se fosse soltanto invariabilmente connessa colla maggiore. Per questo la restizione del Sole, da un levare a un levare consecutivo, è più lenta che la rivoluzione del mondo, avendo esso un moto più tardo in contrario senso. Che se invece il Sole avesse un movimento uguale a quello delle fisse, la sua rivoluzione accompagnerebbe queste, ed esso nascerebbe sempre col medesimo punto (della sfera stellata).

11. Premesse queste cose, Sosigene, venendo a ciò che fu detto da Aristotele sulla necessità di aggiungere per ciascun pianeta altrettante sfere reagenti (quante deferenti ne assumeva Callippo) meno una, se si vogliono salvare le apparenze, espone come segue la teoria delle sfere secondo Aristotele. Sia dunque, delle sfere che portano Crono, la prima mossa al modo di quella delle fisse, la seconda lungo l'eclittica, la terza si rivolga perpendicolarmente all'eclittica, da ostro verso settentrione; il circolo (equatoriale) di questa sarà perpendicolare all'eclittica, avendo in essa i poli, perchè si segano perpendicolarmente i circoli (massimi) che passan l'uno pei poli dell'altro. La quarta sfera poi, che contiene l'astro, lo muova secondo un circolo

[1] Ecco enunziato qui da Sosigene il principio della composizione dei movimenti, con tutta la chiarezza possibile. La dimostrazione di quel principio col parallelogramma era cosa nota nelle scuole. Al medesimo pure allude Gemino, alquanto più antico di Sosigene, presso Proclo *Comm. in Eucl.*, p. 106 ed. Friedlein. La base di queste antiche dottrine sul moto composto sta presso Aristotele nel cap. 2 dei *Problemi Meccanici*, dove il teorema del parallelogramma delle velocità si trova dimostrato.

obliquo, allo scopo di limitarne l'escursione in latitudine verso l'Orsa, affinchè non si avvicini troppo ai poli del mondo. Bisogna ora immaginare, oltre alle quattro deferenti, un'altra quinta sfera che sia mossa intorno ai medesimi poli che la quarta, in senso contrario ed in egual tempo. Questa, essendo mossa in contrario della quarta, sui medesimi poli, con eguale velocità, distruggerà il movimento della quarta, e la velocità apparirà diminuita [1]. I punti della terza sfera appariranno sulla quinta sempre secondo il medesimo cateto [2]. Dopo la quinta bisogna immaginarne una sesta, avente gli stessi poli che la terza, la quale si rivolga colla stessa velocità ed in senso opposto a questa, per salvare le apparenze. Dopo queste bisogna aggiungere una settima sfera, che controvolga la seconda e giri con essa intorno ai poli dell'eclittica in egual tempo, e distrugga la velocità che è propria alla seconda, e dalla seconda è comunicata alle sfere inferiori (perchè la seconda movendosi colla sfera delle fisse, comunicava anche la velocità alle sfere inferiori dall'orto all'occaso). Così dunque (la settima) si moverà al modo delle fisse, ma non avrà tuttavia la medesima posizione che la sfera delle fisse, rivolgendosi intorno a poli diversi da oriente in occidente [3]. Sotto questa rimane da immaginarne un'ottava, la quale sarà la prima di Giove, rettamente osservando Sosigene, che non è vero, che l'ultima delle tre reagenti (di Crono) sia la prima delle sfere di Giove, come credettero alcuni, i quali dissero, che l'ultima delle sfere distruggenti i moti superiori è la prima delle sfere portanti l'astro immediatamente inferiore, e che la settima sia quella che noi diciamo ottava, e la prima delle sfere di Giove [4]. Onde loro bisogna numerare due volte la medesima sfera, per salvare il numero di quelle poste da Aristotele. È infatti neces-

(1) Più esattamente: diminuirà il numero delle velocità che compongono il movimento. La quinta sfera, o prima delle reagenti, si muoverà come la terza delle quattro deferenti.

(2) Cioè, si proietteranno radialmente sopra punti identici della quinta sfera secondo un medesimo raggio.

(3) È falso: i poli sono i medesimi.

(4) L'opinione di questi tali, checchè ne dica Sosigene, è la vera. È manifesto, che la terza delle reagenti di Crono segue appunto il moto delle fisse, e che in essa si può adattare subito la seconda delle sfere deferenti di Giove. Onde è inutile la prima delle deferenti di Giove, come quella che si rivolge esattamente allo stesso modo che l'ultima delle reagenti di Crono.

sario, che per ciascun astro il numero delle sfere restituenti sia d'una unità minore di quello delle deferenti; quindi per Crono e per Giove, che hanno quattro deferenti, tre saranno le restituenti per ciascuno; per gli altri quattro, Ares, Afrodite, Ermes e Sole, che hanno cinque deferenti, le restituenti saranno quattro. Da Crono e da Giove abbiamo dunque due volte tre restituenti, quattro volte quattro da Ares, Afrodite, Ermes e Sole: tutte insieme sono perciò ventidue. Ma da Crono e da Giove abbiamo otto deferenti, venticinque dagli altri cinque. Alle trentatrè deferenti sommando le ventidue restituenti si ha il numero totale di cinquantacinque sfere. Perchè alle deferenti della Luna non occorrono restituenti, dicendo Aristotele, che quelle non hanno ad esser rivolte in contrario, che portano l'astro inferiore a tutti gli altri. È dunque palese, che tale appunto dev'essere il numero di tutte.

12. Quello poi che soggiunse Aristotele, « che se al Sole ed alla Luna non si aggiungono i movimenti che abbiamo detto, il numero totale delle sfere è di quarantasette », ha prodotto confusione. Perchè, se leviamo le due sfere del Sole e della Luna aggiunte da Callippo, è chiaro che bisogna toglierne al Sole due altre restituenti contrarie a quelle (perchè tolte le due prime, bisogna anche levare quelle che ne distruggon la rotazione): in tutto bisogna dunque levarne sei, cioè, due deferenti e due restituenti del Sole, più le due aggiunte alla Luna da Callippo: così facendo però, invece di quarantasette, per numero tolale rimane quarantanove. Aristotele disse quarantasette, forse non facendo attenzione, che alla Luna non quattro, ma solo due bisogna levarne [1]. A meno che non si voglia dire, ch'egli abbia tolto al Sole le quattro sfere restituenti da lui stesso aggiunte, più le due aggiunte da Callippo: con che dalle 55 hannosi a sottrarre 8, e rimane 47, numero voluto. Noi potremmo qui ben concedere, che siano tolte le sfere restituenti alla seconda e alla terza delle deferenti solari, avendo egli stesso detto, che le sfere inferiori non hanno le restituenti che ne distruggano il moto [2]: tuttavia Sosigene

[1] Questa sembra la spiegazione più probabile dell'errore dello Stagirita.

[2] Simplicio vuol dire, che, data la facoltà di privare delle loro restituenti un certo numero delle deferenti più basse, si può privarne non solo le deferenti della Luna, ma anche le due ultime sfere del Sole, senza contraddire alla lettera del testo aristotelico.

giustamente osserva, che anche per riguardo alla Luna è necessario conservare le restituenti (superiori ad essa), se non vogliamo che la velocità dei moti superiori, aggiunta a quella delle deferenti lunari, faccia correre la Luna con velocità diversa da quella delle stelle fisse verso occidente [1]. Ed allora, dato questo, che la Luna sola sia priva di sfere restituenti, il numero 47 non si può raggiungere: ciò che imbarazzò molto Alessandro e Porfirio nei loro Commenti sul XII della Metafisica. Sosigene nota esser meglio ammettere, che sia corso un errore nella scrittura del numero, che creare questa settima e questa ottava delle sfere (necessarie a dedursi dal numero 55 per ottenere il numero aristotelico 47); perchè in nessun modo si arriva a far concordare il numero col discorso, e il numero totale non risulta mai di 47, come Aristotele dice.

13. Aggiunge poi questo Sosigene, esser chiaro dalle cose dette, che in diverso senso queste sfere furono da Aristotele chiamate ἀνελίττουσαι (revolventi), e da Teofrasto ἀνανταφέρουσαι (contraferenti). Esse sono infatti l'uno e l'altro: *rivolgono* in contrario senso i movimenti delle sfere superiori, e riportano a ritroso i poli delle sfere inferiori ad esse, distruggendo l'effetto di quelli, e riportando questi nella positura conveniente. È necessario infatti, che i movimenti superiori non si propaghino a tutte le sfere inferiori, e che i poli delle sfere inferiori coincidano lungo il medesimo cateto coi poli delle sfere omologhe (degli altri pianeti) affinchè, com'egli dice, siano riportate costantemente alla medesima posizione le prime sfere degli astri inferiormente collocati, e con queste evidentemente anche le altre sfere susseguenti (dei medesimi astri). Così soltanto, dice, si ottiene che il movimento delle stelle fisse produca tutti gli altri. E tanto basti di ciò.

14. E tale è il sistema delle sfere revolventi (ἡ διὰ τῶν ἀνελιττουσῶν σφαιροποιία), il quale non è sufficiente a salvare le apparenze; di che anche lo accusa Sosigene, dicendo: Non valgono le ipotesi dei seguaci d'Eudosso a salvare i fenomeni, non solo quelli scoperti dai recenti, ma anche quelli conosciuti prima, e da loro medesimi tenuti per veri. E che sarà a dire di quegli altri, di alcuni dei quali non potendo dare Eudosso la spiegazione, tentò di darla Callippo Ciziceno, se è vero che

[1] Espressione alquanto inesatta, della quale però il senso preciso è evidente.

vi sia riuscito? Ma è certo che neppur di questo, com'è chiaro, alcun di loro intraprese la dichiarazione per mezzo di ipotesi prima di Autolico Pitaneo, il quale tuttavia non la potè dare [1]: intendo parlare del fatto, che gli astri sembrano qualche volta a noi vicini, qualche volta lontani; ciò che per alcuni di essi è evidente a prima vista. Perchè l'astro detto di Afrodite, e quello detto di Marte, nel mezzo delle loro retrogradazioni [2] appaiono molte volte più luminosi, così che quello di Afrodite nelle notti senza Luna fa proiettar ombra ai corpi. Ma anche della Luna è facile vedere, ch'ella non si trova sempre alla medesima distanza da noi, perchè non appare sempre della medesima grandezza a chi la considera paragonandola con un altro oggetto. Ciò risulta anche da osservazioni fatte con istrumenti, perchè occorre ora un disco (τύμπανον) di undici dita, ora uno di dodici, collocato alla medesima distanza dall'osservatore, per impedirne a questo la vista. Intorno a ciò dà testimonianza, in favore delle cose dette, anche quanto accade in occasione delle eclissi perfette (cioè centrali) del Sole, ed è certo argomento della verità di quelle. Perchè, quando accade che i centri del Sole e della Luna si dispongono in linea retta colla nostra vista, non succedono sempre le medesime apparenze; ma talora avviene, che il cono, che è circoscritto alla Luna ed ha il vertice nel nostro occhio, è pure circoscritto esattamente al Sole: altre volte il Sole rimane tutto occultato

(1) Qui intercalato si trova in ambe le edizioni stampate e nel latino ancora quanto segue: δηλοῖ δέ ἡ πρὸς Ἀριστόθηρον αὐτοῦ διαφορά, cioè: « manifesta la sua differenza con Aristotele ». Ambo i testi hanno veramente Ἀριστόθηρον., e identica lezione ha il M. S. di Simplicio, che esiste nella Biblioteca dell'Università di Torino Questa glosa, la quale interrompe il senso e non ha qui nulla che fare, fu da noi omessa.

Poscritto, — Dopo tre anni mi è riuscito di chiarire questo punto. Il passo non è un'aggiunta posteriore, come io credeva, ma può benissimo rimanere nel testo. Io ho trovato che è esistito realmente un personaggio di nome Ἀριστόθηρος. Egli fu contemporaneo di Autolico (circa 300 a. C.), fu matematico come lui ed ebbe a scolaro il celebre poeta Arato. (Vedi la biografia di Arato nell'edizione degli scritti di Arato fatta dal Buhle, Leipzig, 1793, vol. 1, p. 4). Dunque ciò di cui parla Sosigene non è altro che una *disputatio Autolyci contra Aristotherum*, dove verosimilmente Autolico esponeva le proprie idee sul moto dei pianeti, ed alla quale, come a cosa nota, Sosigene si riferisce.

(2) προηγήσεις, progressioni in avanti, cioè *in antecedentia* o verso occidente, che equivale alle retrogradazioni. Veramente la massima luce di Venere non succede nel mezzo delle sue retrogradazioni.

a noi per un certo intervallo di tempo; altre volte ancora a questo effetto manca qualche cosa, così che nell'istante medio dell'eclisse, fuori della Luna rimane una specie di lembo annulare che lo circonda [1]. Onde necessariamente tal diversità delle grandezze apparenti proviene da ciò, che le distanze loro sono ineguali, come accade delle cose che si trovano nell'aria. Quello poi che accade in questi casi, ed è manifesto alla vista, è verosimile accada anche agli altri (astri), sebbene non sia evidente all'osservazione. E non solo è verosimile, ma vero, perchè si manifesta nell'apparente anomalia del loro movimento da un giorno all'altro; mentre per la loro grandezza quale si vede, la differenza non è ovvia, perchè non molto grande è la loro escursione in alto e in basso, quella cioè che i matematici sogliono chiamare: movimento in profondità. Questo dunque essi non hanno cercato di spiegare, come quella (grandezza) sembri variare da un giorno all'altro, sebbene il problema ciò richiegga.

Ma non è neppur lecito dire, che a loro sia rimasta sconosciuta la variazione delle distanze di un medesimo astro. Infatti sembra, che Polemarco Ciziceno la conoscesse, ma che ne abbia fatto poco conto, come di cosa insensibile, perchè egli preferiva l'ipotesi delle sfere concentriche al centro dell'universo. Ed è manifesto, che anche Aristotele nei *Problemi fisici* [2] trova a dubitare delle ipotesi degli astronomi per questo, che la grandezza dei pianeti non sembra costante: dunque neppur egli fu intieramente soddisfatto colle revolventi, sebbene le abbia collocate concentricamente all'universo, dando loro un moto intorno al centro di questo [3]. Ed invero si vede, da

(1) È da notare, che tutte queste notizie appartengono a Sosigene, il quale avea su tale argomento idee molto più esatte, che non la maggior parte degli astronomi fino dopo Ticone. Ancora sul principio del sec. XVII si dubitava da alcuni della possibilità di un'eclisse totale. Sosigene, nei suoi libri περὶ τῶν ἀνελιττουσῶν, citati da Proclo, scriveva « che il Sole nelle eclissi perigee oltrepassa co' suoi lembi il disco lunare, coi quali illumina senz'impedimento ». Onde si vede che Sosigene conosceva le variazioni del diametro apparente tanto del Sole che della Luna. Anche qui, nel trattare direttamente delle sfere revolventi, egli aveva probabilmente per scopo di confutare quel sistema, dimostrando che la distanza del Sole da noi è variabile. (V. Proclo, *Hypotyposes*, ed. Halma, p. 111).

(2) Oggi perduti.

(3) Tutti questi ragionamenti sui dubbi d'Aristotele intorno alle sfere omocentriche non debbono illudere il lettore: essi servono a scusare la

quanto dice nel XII della *Metafisica*, che egli non stimava sufficiente quanto fino a lui dagli astronomi era stato detto intorno al movimento dei pianeti, perchè si esprime così [1]: « Noi assumiamo qui per vero quello che dicono alcuni dei matematici, nello scopo di farci intendere, e per determinare in qualche modo i nostri pensieri intorno al numero (dei movimenti celesti); del resto, possiamo o far ricerca noi medesimi, o profittare delle informazioni ulteriori che possono darci coloro che sogliono occuparsi di queste cose, tenendo tutti in conto, accostandoci però alla sentenza più certa ». Ma enumerati nel medesimo libro [2] tutti i movimenti, aggiunge: « E tale sia il numero dei movimenti, onde con probabilità dobbiamo assumere, che le essenze ed i principi immobili e sensibili siano in egual numero: qual sia il necessario (numero), lasceremo dire ai più dotti di noi ». Le parole: *E tale sia*, e, *con probabilità*, e l'abbandonare la cosa ad altri *più dotti*, indicano dubitazione intorno all'argomento.

15. Dunque, secondo il consiglio d'Aristotele medesimo, sarà più vantaggioso seguire quei posteriori (astronomi), che meglio resero ragione delle apparenze, sebbene neppur essi con intiera perfezione; anzichè i precedenti, i quali non avevano avuto ancora cognizione di tanti fenomeni, perchè non erano ancora arrivate in Grecia le osservazioni di 1903 anni [3],

defezione dei peripatetici dalle revolventi dello Stagirita, e l'adesione che (con buone ragioni) essi diedero, dietro l'esempio di Sosigene, alla teoria degli eccentri e degli epicicli.

(1) *Metaphys.* XII, 8.

(2) Nel passo che forma la nostra Appendice I.

(3) Tanto Brandis e Karsten quanto il Codice di Torino, leggono: ἐτῶν χιλίων καὶ μυριάδων τριῶν: ciò che importa 31000 in luogo di 1903, numero dato dal latino e dall'edizione aldina. Tutti gli eruditi più recenti si sono attenuti alla versione 31000, la quale ha l'inconveniente di convertire in una favola impossibile una narrazione per sè possibilissima e confermata da scoperte recenti. Come dottamente osserva il Lepsius (*Chron. der Aegypter*, p. 9), il dubbio è derivato dalla trasformazione del segno ϡ del 900 nel segno M della miriade. In favore della lezione 1903 parla pure la costruzione della frase qui sopra riferita, la quale suona assai meglio surrogando ἐννακοσίων a μυριάδων: e il fatto, che il codice su cui Guglielmo di Meerbeke fece la sua traduzione latina sullo scorcio del secolo XIII, era probabilmente più antico di quello, da cui trassero la lezione di questo passo il Brandis e il Karsten. La questione sembra abbastanza importante per esser esaminata da capo da persone competenti, coll'aiuto di tutti i codici che si potranno ancora rinvenire.

che, sulla preghiera di Aristotele, Callistene aveva spedito da Babilonia, e che, al dire di Porfirio, erano state conservate fino al tempo di Alessandro Macedone; e non avevano potuto dimostrare per mezzo d'ipotesi tutto quello che già conoscevano. Onde li accusa Tolomeo di aver introdotto un così gran numero di sfere al solo scopo di ricondurre la restituzione periodica dei sette pianeti alla rivoluzione delle stelle fisse... I posteriori astronomi adunque, respingendo le ipotesi delle sfere revolventi, principalmente perchè non valgono a spiegare la differenza delle distanze e l'anomalia dei movimenti, alle omocentriche surrogarono le ipotesi degli eccentri e degli epicicli, se pure quella dei circoli eccentrici non fu già ideata dai Pitagorici, come alcuni narrano, e fra questi Nicomaco, e sull'autorità di Nicomaco, Jamblico... [1].

---

[1] Vi è però da dubitare che il Nicomaco qui nominato sia il celebre aritmetico di Gerasa. Secondo Fabricio, Jamblico lo avrebbe citato nel libro X περὶ πυθαγορικῆς αἱρέσεως, del quale libro X l'argomento speciale era περὶ σφαιρικῆς καὶ ἀστρολογικῆς. L'opera di Nicomaco avrebbe avuto per titolo *Collectio Pythagoricorum dogmatum*, citata da Siriano *in Ar. Metaphys. XII.*

XI.

ORIGINE
DEL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO
PRESSO I GRECI

Dalle Memorie *del Reale Istituto Lombardo, Classe di scienze matematiche e naturali, vol. XVIII, Milano 1896-1900. (Memoria presentata nell'adunanza del 17 marzo 1898).*

Un riassunto di questo scritto, dovuto all'autore stesso e intitolato: Come i Greci arrivarono al primo concetto del sistema planetario eliocentrico detto oggi copernicano, *comparve nel periodico* Atene e Roma, *Anno I (1898), pp. 65-79, Ad evitare ripetizioni, l'articolo dell'* Atene e Roma *non venne compreso nella presente edizione.*

L. G.

Le speculazioni dei filosofi e degli astronomi greci intorno alla disposizione generale dell' universo ed intorno al movimento dei corpi celesti costituiscono uno dei capitoli più interessanti e più belli nella storia della coltura antica. Veramente la scarsità dei documenti e lo stato imperfetto della tradizione hanno reso assai difficile il rendersi conto dei vari gradi, per cui dalle più rozze e primitive costruzioni il genio ellenico seppe, in meno di due secoli, elevarsi all'idea del sistema eliocentrico, di quello cioè che fu più tardi rimesso in onore da Copernico. Tuttavia, grazie alle recenti fatiche di alcuni dotti investigatori, allo studioso della storia astronomica è concesso di seguire, per lo più con discreta continuità, l'evoluzione delle idee dei Greci intorno a questo argomento. Restano però diverse lacune, le quali finora non fu dato di supplire con piena soddisfazione; ed in più casi è da credere, che dalla insufficienza dei documenti saremo per sempre ridotti a doverci contentare di congetture più o meno plausibili. Ma vi sono alcuni altri punti, su cui un esame approfondito di ogni speciale questione potrà gettare ancora qualche maggior luce, conducendo ad un grado di probabilità più soddisfacente; in particolare, se alla critica filologica ed istorica dei testi antichi, alla quale giustamente si è data fino ad oggi la primaria importanza, si aggiunga un' altra critica non meno necessaria, di cui l'abito si può acquistare soltanto colla diuturna e meditata osservazione di quegli stessi fenomeni, che agli antichi sapienti servirono già a stabilire le loro ipotesi astronomiche.

Fra tali questioni ancora capaci di ulteriore dilucidazione, nessuna sembra più importante di quella segnata in fronte al

presente scritto: e nessuna mi pare più degna di essere esaminata colla maggior cura possibile. Noi vediamo infatti in Atene, intorno all'anno 330, Aristotele con Callippo e Polemarco ancora affaticarsi per adattare le sfere omocentriche di Eudosso alle proprie teorie fisiche dell'universo. Cinquanta o sessant'anni dopo, Aristarco di Samo proclama al mondo, come ipotesi probabile, il sistema astronomico che poi fu detto di Copernico! Quale fu la rapida evoluzione d'idee, che produsse in tempo così breve così straordinario risultato? Ma vi ha di più. Il grandioso concetto non trova terreno adatto a mettere profonde radici; e quasi subito dopo annunziato, scompare. Per quali cause, ed in qual modo è ciò avvenuto? Ecco i quesiti a cui ho voluto cercare una risposta, forse troppo obbedendo alla mia curiosità, e forse non abbastanza tenendo conto della mia insufficiente preparazione filologica.

Venticinque anni fa io ebbi già occasione di trattar brevemente lo stesso argomento nella mia memoria *Sui precursori di Copernico nell'antichità*. Nell'esporre il progresso che dalle idee di Platone e di Eudosso condusse a quelle di Aristarco e di Seleuco, dovetti allora aiutarmi più con caute congetture, che con uno studio veramente accurato e completo degli elementi della questione. Già però fin d'allora io aveva riconosciuto, che la vera chiave del problema stava nell'ipotesi degli eccentri mobili, in quel tempo affatto negletta dagli storici dell'astronomia; e fui condotto a congetture, che al sistema di Copernico i Greci fossero arrivati passando per quello di Ticone. Le presenti ricerche, assai più rigorose ed assai più complete, hanno confermato la parte sostanziale delle mie conclusioni d'allora, correggendole in qualche particolare.

Io le avevo presso a poco condotte a termine, quando mi venne sott'occhio l'opera importante di Paolo Tannery, intitolata *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*, pubblicata nel 1892 fra le memorie dell'Accademia di Bordeaux, poi separatamente a Parigi presso Gauthier-Villars. In questo libro, dove, accanto alla discussione di molte questioni note, veggonsi additati ad ogni passo nuovi problemi non prima avvertiti, e tuttavia degnissimi di attenta considerazione, il Tannery ha toccato il presente argomento, specialmente nel cap. XIV. Al pari di me egli ha riconosciuto l'importanza dell'ipotesi degli eccentri mobili, ed al pari di me dalla forza delle cose è stato condotto a concludere, che il sistema detto

di Ticone ha dovuto esser noto agli astronomi greci di una certa epoca, e rappresentare una parte importante nell'evoluzione delle loro teorie astronomiche. Egli crede che Apollonio abbia derivato il sistema ticonico da Aristarco per la stessa via per cui Ticone lo derivò da Copernico; riproducendo così il medesimo procedimento regressivo a 1800 anni di distanza. Un tale curioso ricorso storico nulla avrebbe in sè d'improbabile, ove come terzo elemento della questione non venisse a frapporsi il curioso personaggio di Eraclide Pontico, il cui nome si trova ripetutamente citato nei principali documenti riferentisi alla presente discussione, e la cui importanza in questo campo di speculazione cosmologica non sembra sia stata sufficientemente apprezzata dal Tannery. — Dalle presenti indagini risulterebbe invece, che il sistema ticonico fosse noto ai Greci già vivendo Eraclide Pontico, cioè al tempo d'Alessandro Magno; che fosse un grado della scala, per cui essi si elevarono al concetto di Copernico; che infine dal medesimo avessero origine, per via di astrazione e di generalizzazione, le teorie degli epicicli e degli eccentri mobili, quali li presentò un secolo più tardi Apollonio di Perga.

La varia natura degli elementi astronomici, geometrici, istorici, di cui si dovrà intessere la nostra dimostrazione, e più di tutto le gravi lacune della tradizione, e le preparazioni necessarie per interpretare a dovere il significato dei pochi documenti rimasti, mi hanno obbligato a discutere parecchie questioni secondarie, ed a deviare spesso dall'ordine naturale per arrivare a stabilire un filo logico abbastanza saldo nelle deduzioni, ed a produrre in chi legge la convinzione desiderata. Ciò non ha potuto farsi senza qualche poco d'apparente disordine nell'esposizione; del quale già chiedo scusa fin d'ora. Ho procurato di rimediarvi coll'aggiungere in fine un riassunto dei fatti più salienti, secondo l'ordine del tempo in cui sono avvenuti.

I. ERACLIDE PONTICO, ED IL CORSO DEI PIANETI INFERIORI.

1. Dello svolgimento d'idee che prendiamo a studiare, si può assegnare prossimamente il principio sotto il regno di Filippo Macedone, quando, morto Platone (347 a. C.), la direzione e l'insegnamento nella scuola filosofica da lui fondata

passò prima a Speusippo, indi a Senocrate. Circa la struttura dell'universo continuavano naturalmente a prevalere in questa scuola le idee svolte così splendidamente, ma anche così nebulosamente nel *Timeo*; dove la Terra, sferica ed immobile nel centro dell'universo, si supponeva circondata dalle orbite dei sette pianeti, regolati nel loro corso e nelle loro diverse velocità dai motori celesti, formanti parte dell'anima del mondo. Sulla natura e forma dei loro movimenti, e sul modo di rappresentarli geometricamente, pare si avessero idee vaghe e poco determinate.

Aristotele era allora nel maggior fervore della sua attività speculativa. Tornato in Atene nel 335, non più come uditor di Platone, ma come capo di scuola nuova, aveva dato allo studio positivo della natura un'importanza assai maggiore che Platone non avesse fatto. Non meno persuaso che Platone della posizione centrale e della immobilità della Terra, circa il sistema ed il moto dei corpi celesti preferiva, alle immagini alquanto fantastiche dei Platonici, la forma chiara e precisa del Cosmo, che presentava alla sua mente l'ipotesi delle sfere omocentriche di Eudosso e dei matematici della scuola cizicena, corrette e completate da Callippo. Quelle ipotesi erano pure e semplici rappresentazioni geometriche dei fenomeni; consultatosi con Callippo e con Polemarco discepolo di Eudosso, Aristotele le modificò in modo da rappresentare con esse uno stato di cose realmente possibile in natura, traendone così un sistema fisico, appoggiato ad un tempo sulla speculazione filosofica e sulla osservazione diligente dei fenomeni [1]. E tale fu per allora la base del concetto del mondo presso i Peripatetici.

In quel medesimo tempo non era ancora intieramente cancellato l'influsso, che sulle idee aveva esercitato l'oramai estinta scuola pitagorica. Meno d'un secolo prima Filolao aveva insegnato in Tebe; la sua dottrina della Terra e dell'Antiterra, moventisi di circolazione quotidiana intorno al Fuoco centrale dell'universo, continuava ad avere i suoi partigiani; anzi abbiamo qualche motivo di supporre, che Platone nei suoi ultimi anni non fosse alieno dall'associarsi al concetto filolaico, od a qualche altro simile [2]. Dopo Filolao, spinti dalla neces-

[1] Per maggiori notizie sul sistema d'Eudosso veggasi la mia memoria. « *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo e di Aristotele* ».

[2] Questa notizia a torto è stata revocata in dubbio da diversi eruditi, fra altri da Augusto Boeckh (*Ueber das kosmische System des Platon,*

sità di non discostarsi troppo dalla realtà delle cose, altri Pitagorici erano stati indotti a riunire la Terra e l' Antiterra in un globo solo, includente il Fuoco centrale nel suo seno; sostituendo così alla rivoluzione quotidiana di quelle, la rotazione diurna di questo intorno al centro del mondo. Un tal modo di vedere ebbe pure nell'epoca qui considerata i suoi seguaci, che Aristotele non credette inopportuno di confutare [1]. Esso costituiva evidentemente un' importante preparazione all' ulteriore corso di speculazione cosmologica, che ci proponiamo di descrivere. Ma l' influsso dei concetti pitagorici su questo svolgimento fu anche maggiore per ciò che rese familiare alle menti riflessive l' idea, al volgo quasi inaccessibile, della mobilità della Terra; idea che sarà un eterno titolo di gloria per quelli, che primi osarono di concepirla.

2. Non mancarono certamente neppure in quel tempo altri, i quali condotti da propria riflessione, oppure guidati da osservazione più accurata dei fenomeni celesti, si scostarono più o meno dalle idee prevalenti nelle maggiori scuole, combinandole, modificandole, od ancora creandone di nuove. Di questi il più celebre fu Eraclide Pontico; il quale sebbene abbia frequentato assai tempo Platone, e fosse uno dei filosofi di maggior nome usciti da quella scuola, in molte parti si scostò dai dogmi del Maestro. Eraclide Pontico deve considerarsi come uno dei pensatori più profondi e più indipendenti di quel tempo; e quanto sappiamo delle sue speculazioni sui movimenti celesti basta a dar di ciò una prova evidente.

Grazie alle indagini di vari eruditi, e principalmente di H. Martin, il sistema astronomico di Eraclide Pontico è conosciuto nei suoi tratti più caratteristici [2]. Egli aveva francamente adottato l' ipotesi d' Iceta e d' Ecfanto sulla rotazione diurna della Terra; e si rendeva perfetto conto delle modifi-

p. 144 e seg., Berlino 1852). Essa si appoggia all'autorità incontrastabile di Teofrasto, il quale potè averla da Aristotele, o fors' anche da Platone medesimo. Vedi i miei *Precursori di Copernico*, Documenti XXII e XXIII.

[1] *De Cœlo* II, 13.

[2] H. Martin, *Mémoires sur l'histoire des hypothèses astronomiques chez les Grecs et les Romains*, Chap. V, §§ 3 et 4. Nelle *Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*. Vol. XXX, 2e partie, 1881. Vedi inoltre: F. Hultsch, *Das astronomische System des Herakleides von Pontos* nei *Neue Jahrbücher für Philologie und Paedagogik. Herausgegeben von* A. Fleckeisen und R. Richter, 1896. Erste Abteilung, pp. 305-316.

cazioni, che in corrispondenza a questa nuova ipotesi si dovevano introdurre nel movimento degli altri corpi celesti. Ei supponeva grandi le distanze degli astri, ed infinita addirittura l'estensione del mondo; probabilmente per non aver a preoccuparsi della parallasse diurna, cioè dall'anomalia apparente che negli astri è prodotta dalla rotazione quotidiana dell'osservatore intorno all'asse della Terra. Ed ei sapeva ancora, che in questa ipotesi la durata della rotazione terrestre, per soddisfare ai fenomeni, non deve essere di un giorno solare esattamente, ma alquanto più breve.

3. Ma ad Eraclide Pontico si deve ancora un'altra innovazione, forse non meno importante nelle sue conseguenze. I sistemi con cui i filosofi sino allora si erano industriati di dare una spiegazione approssimata dei movimenti celesti, erano fondati tutti sulla ipotesi di rivoluzioni circolari e concentriche intorno al centro del mondo; sia poi che questo centro fosse occupato dalla Terra, come volle Platone ed altri prima di lui, sia che in quel punto si mettesse il focolare dell'universo, come volle Filolao e con lui altri Pitagorici. Questo principio, di non ammettere altre circolazioni che intorno al centro del mondo, fu pure strettamente osservato da Eudosso nelle sue sfere omocentriche; le quali appunto a tal principio devono quella bella ed assoluta simmetria, che le distingue. Ma appunto verso l'epoca di cui stiamo discorrendo si cominciò a riconoscere, che nessuna delle costruzioni fino allora inventate poteva dare conto sufficiente di tutti i fatti osservati; che quindi, esaurite tutte le supposizioni che il principio suddetto poteva fornire, era necessario introdurre qualche principio nuovo.

Un tal principio fu suggerito dallo studio dei movimenti di Mercurio e di Venere, e dalle variazioni notate nel loro splendore apparente. Le loro digressioni alternate e regolari a destra ed a sinistra del Sole, e le vicende della loro luce, notabili specialmente in Venere [1], con evidenza quasi intuitiva spingevano a supporre, che il centro della loro circolazione non fosse la Terra, ma bensì un altro punto collocato nella

[1] Che le osservazioni dello splendore di Venere abbiano fornito uno degli argomenti per dimostrare che essa non descrive un circolo intorno alla Terra e non rimane a distanza invariabile da questa è attestato formalmente da Sosigene presso Simplicio Comm. *De Cœlo*, p. 504 della nuova edizione di Heiberg, Berlino, 1894.

direzione del Sole; e qual altro punto poteva essere questo, se non il Sole medesimo? L'idea di assumere come centro di questa e d'altre circolazioni celesti un semplice punto ideale, dovette allora, ed ancora per alcun tempo dopo, essere considerata come assurda; e non fu introdotta nell'astronomia che molto più tardi.

4. Eraclide Pontico fu il primo, siccome è storicamente attestato, a riconoscere, che per i due pianeti inferiori il migliore e più semplice modo di rappresentare le fasi osservate era quello di farli circolare intorne al Sole come centro, con periodo uguale a quello della loro rivoluzione sinodica [1] e nel senso diretto, cioè secondo l'ordine dei segni. Così s'introduceva per la prima volta il concetto di far circolare un corpo celeste intorno ad un altro corpo celeste, girante esso medesimo intorno al centro dell'universo.

Quali idee avesse Eraclide Pontico intorno al movimento dei pianeti superiori, non risulta dalle poche e scarse testimonianze che abbiamo intorno al suo sistema d'astronomia. Dal silenzio che esse serbano intorno ai pianeti superiori si potrebbe argomentare che per questi egli non si scostasse dall'opinione degli altri Platonici, e ponesse nella Terra il centro delle loro orbite [2]. Ma questa sarebbe una conclusione affrettata, e per ora dobbiamo lasciare la cosa in sospeso, aspettando luce da altre considerazioni.

Comunque sia, il sistema di Eraclide Pontico conteneva in sè diverse idee fondamentali, che hanno dovuto facilitare di molto il passaggio al sistema eliocentrico. Coi Pitagorici esso aveva comune l'idea, tanto difficile ad afferrare, di un moto dell'osservatore intorno al centro del mondo. Con Iceta ed Ecfanto avea comune l'ipotesi della rotazione diurna; per la quale d'un tratto si trovarono liberati da una enorme e comune complicazione tutti i movimenti celesti, ridotti ormai alle loro proprie e vere rivoluzioni rispetto alla Terra. Proprio invece ad Eraclide Pontico era il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere, per cui si veniva ad attribuire al Sole nell'eco-

(1) Intendesi qui, secondo l'uso costante degli antichi, che il periodo della circolazione descritta si conti dall'apogeo mobile, non da una direzione fissa rispetto allo Zodiaco.

(2) Vedi su questo punto la discussione contenuta nei §§ 48-50 della presente memoria.

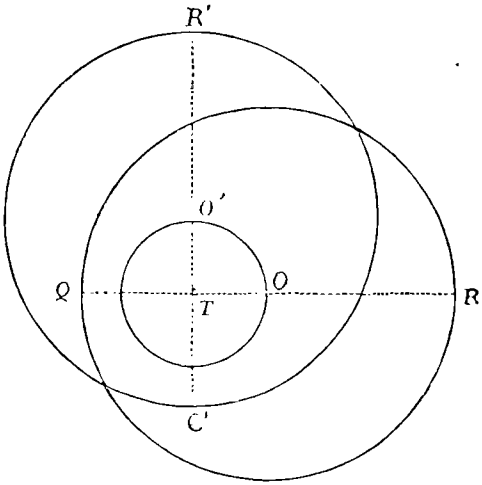
nomia generale del Cosmo un carattere importante fino allora non avvertito; quello di potere, come la Terra, servire di centro alle circolazioni dei pianeti. E da ultimo per la prima volta si ammetteva come possibile, che non solo il centro del mondo, ma anche un astro mobile e posto fuori di esso centro, potesse servire alla sua volta come centro ai giri di altri corpi celesti.

II. IL CORSO DEI PIANETI SUPERIORI.

5. Mentre Eraclide Pontico meditava nuove idee circa il sistema del mondo, fra i matematici ed i filosofi ardeva una disputa intorno a certe difficoltà inerenti all'ipotesi delle sfere omocentriche di Eudosso, adottata da Aristotele e dalla sua scuola, come sopra fu detto. Di tali difficoltà la più formidabile era questa: che nell'ipotesi delle sfere omocentriche, ogni astro essendo condotto sopra una superficie sferica concentrica alla Terra, la sua distanza da questa ed il suo splendore (secondo le idee di quel tempo) avrebbero dovuto rimanere assolutamente invariabili; mentre invece dalle osservazioni lo splendore dei pianeti risultava molto diverso in diversi tempi, specialmente per Marte e per Venere [1]. Già a Polemarco, che aveva imparato il sistema omocentrico dalla voce stessa di Eudosso, questo fatto non era interamente sconosciuto; e neppure era sconosciuto ad Aristotele, il quale ne discorreva nei suoi *Problemi fisici*, oggi perduti. Se ed in qual modo eludessero la difficoltà, non è più possibile congetturare. Ancora molto tempo dopo si continuò a disputare su questo argomento; si cita in proposito il matematico Aristotero (maestro di Arato poeta), contro il quale scrisse di ciò una dissertazione un altro matematico più noto, Autolico di Pitane; e sembra che il tentativo di quest'ultimo per sciogliere la difficoltà non fosse molto felice. L'impossibilità di spiegare colle ipotesi d'Eudosso la variazione dello splendore apparente di alcuni pianeti fu la causa principale, per cui in progresso di tempo quelle ipotesi

[1] Vedi su questo l'esposizione di Sosigene peripatetico presso SIMPLICIO nel Comm. *De Cœlo*, nell'edizione di HEIBERG, pp. 504-505. I fatti riferiti da Sosigene si fondano sopra l'autorità di Eudemo, che scrisse una *Storia dell'astronomia* e fu un poco più giovane di Aristotele.

furono abbandonate dagli stessi Peripatetici, i quali da principio le avevano con tanto favore adottate. Dalla difficoltà concernente il moto e lo splendore di Venere, ebbe origine, come già si è accennato, l'ipotesi di Eraclide Pontico sul moto eliocentrico dei pianeti inferiori; dalle difficoltà concernenti il moto e lo splendore di Marte ebbero origine analoghe indagini per i pianeti superiori. Le grandi variazioni dello splendore



apparente di quel pianeta, già bene note agli osservatori di quel tempo, erano da loro interpretate come indizio sicuro di corrispondenti variazioni nella distanza del pianeta dalla Terra; ed in questo senso erano considerate come un argomento capitale contro l'ipotesi omocentrica, secondo che narrava Eudemo [1].

6. A chi segue con qualche continuità le apparenze di Marte per un certo numero d'anni, tosto risulta evidente che le epoche del massimo splendore coincidono con quelle delle opposizioni, corrispondono cioè sempre a quei tempi, in cui esso

[1] Quando Marte arriva al massimo splendore, brilla più che tutte le stelle di prima grandezza. Quando s'immerge nel crepuscolo vespertino, od emerge dal crepuscolo mattutino, appare come una stella di 3ª a 4ª grandezza. Il rapporto della massima alla minima luce nelle opposizioni e nelle congiunzioni medie è di 24 : 1. Ma nelle così dette *grandi opposizioni* Marte tanto si accosta alla Terra, da superare anche lo splendore di Giove; allora è, dopo Venere, la più fulgida stella del cielo.

pianeta occupa nello Zodiaco il luogo opposto a quello del Sole. È facile è concludere, che il punto dell'orbita più vicino alla Terra è ogni volta quello, che si trova in direzione opposta al Sole.

Per chi voleva adunque rappresentare (secondo il concetto fin allora invariabilmente mantenuto dagli astronomi e dai fisici) il moto di Marte con un giro circolare ed uniforme, la prima conseguenza era questa: che il centro di tale moto circolare doveva essere collocato fuori della Terra. Così per la prima volta nelle speculazioni cosmografiche fu introdotto il concetto dell'eccentrico. Sia T la Terra fissa nel centro del mondo, e sia il circolo QR un tale eccentrico, di cui il centro sia in O. Conducendo per T ed O il diametro QR, manifestamente il punto Q sarà quello che corrisponde alla minima distanza dalla Terra, od al *perigeo*. Dunque nelle opposizioni Marte si troverà in Q; il Sole sarà nella direzione opposta, cioè in qualche parte della linea TR. Ora, se le opposizioni avessero sempre luogo nella stessa parte dello Zodiaco, cioè nella stessa direzione costante TQ, questa ipotesi basterebbe a spiegare le variazioni dello splendore. Ma le opposizioni di Marte possono accadere in tutti i luoghi dello Zodiaco. Se ne deve concludere, che la direzione della minima distanza TQ non è costante, cioè che il diametro RQ dell'eccentrico si muove intorno al punto fisso T, in modo però che il punto *perigeo* Q rimanga sempre opposto al Sole. Noi dovremo ammettere pertanto, che il punto Q dell'opposizione circoli intorno a T *nello spazio di un anno lungo l'eclittica secondo l'ordine diretto dei segni*. Insieme dovrà girare intorno a T il centro O dell'eccentrico anche in un anno, per modo che da noi sia veduto perennemente nella direzione del Sole: e col centro O dovremo supporre che giri intorno a T tutto l'eccentrico, quasi fosse un disco materiale fissato intorno a T come cardine. Quando dopo tre mesi il centro O sarà passato in O′ ed avrà descritto un quarto di circonferenza, Q sarà passato in Q′; R in R′; e tutto l'eccentrico avrà preso la posizione rappresentata dal circolo Q′R′.

Ora, se poniamo che Marte percorra l'eccentrico con moto uniforme *secondo l'ordine inverso dei segni* [1] impiegando nei

[1] Anche qui deve intendersi che, secondo l'uso costante degli antichi, il moto di circolazione di Marte sull'eccentrico sia riferito non ad un'ori-

suoi ritorni (da un apogeo all'apogeo consecutivo, e da un perigeo al perigeo consecutivo) un tempo uguale al periodo della sua rivoluzione sinodica; è manifesto, che il pianeta farà le sue opposizioni nei tempi e nei luoghi voluti, e che in tali opposizioni avrà anche luogo il suo massimo splendore. Inoltre (e questo è il punto più importante) se il rapporto della distanza TO (o dell'eccentricità) al raggio OR dell'eccentrico sarà stato scelto a dovere, si spiegheranno, in un colle variazioni di splendore, anche i movimenti irregolari del pianeta, le sue retrogradazioni; il che manifestamente sarebbe stato impossibile mantenendo l'eccentro in posizione fissa.

Una questione importante allora si presentò. La rappresentazione dei movimenti e degli splendori di Marte dipendeva unicamente dal rapporto del raggio dell'eccentrico alla sua eccentricità. Dalle osservazioni pertanto si poteva dedurre il rapporto di queste linee, ma non la loro lunghezza assoluta. Si sapeva che il centro O dell'eccentrico doveva giacere costantemente nella direzione del Sole; restava a dire, a quale distanza. Ma la soluzione di tal quesito non poteva esser dubbia per un fisico. Non potendosi ammettere nel mondo circolazioni intorno a punti ideali, tutto indicava che il centro dell'eccentrico e del giro sinodico di Marte dovesse porsi nel Sole medesimo, il quale già da Eraclide era supposto centro ai giri sinodici di Mercurio e di Venere. Era insomma una semplice estensione del sistema di Eraclide Pontico; Marte diventava anch'esso satellite del Sole, la sua circolazione secondaria essendo rappresentata dal suo moto sull'eccentrico.

7. L'autore di questa grande scoperta, chiunque sia stato, non dovette tardare ad applicarla anche a Giove ed a Saturno, estendendo così a tutti i pianeti la disposizione che Eraclide Pontico assegnava alle orbite dei pianeti inferiori. Tutti diventarono satelliti del Sole, descrivendo intorno ad esso le loro orbite secondarie, nel periodo delle rispettive rivoluzioni sinodiche; il Sole, centro comune a tutti, portava in giro intorno alla Terra sè medesimo e quelle orbite, con periodo d'un anno. Al di sotto, la Luna conservava la sua orbita geocentrica indi-

gine fissa nello Zodiaco, quale sarebbe il primo punto d'Ariete; ma all'apogeo mobile dell'eccentrico, considerato come origine a partire da cui si conta sull'eccentrico l'argomento dell'anomalia in senso opposto all'ordine dei segni.

pendente da tutti gli altri corpi celesti. Come si vede, è questo il sistema, che fu poi chiamato ticonico, dal nome dell'illustre astronomo che lo inventò una seconda volta.

Del primo autore di tali importanti deduzioni non è conosciuto il nome con certezza, ma solo il tempo. Si può dire che fu coetaneo di Eraclide; e non senza qualche apparenza di vero si potrebbe congetturare, che sia stato Eraclide stesso. Ma se anche Eraclide non inventò il sistema di Ticone, certo lo conobbe, e molto probabilmente lo adottò, aggiungendovi di suo l'ipotesi della rotazione terrestre, di che avremo la notizia da Eraclide stesso. Prima però di passare alle prove storiche di queste affermazioni, sarà necessario premettere alcune notizie dirette a portare qualche luce in tutta questa materia ancora abbastanza oscura.

III. EPICICLI ED ECCENTRI MOBILI.

8. La grande semplicità ed eleganza del nuovo sistema, per cui tutti i pianeti minori venivano assoggettati alla medesima condizione di circolare intorno al Sole, cuore dell'universo, e sede del principio animatore del mondo [1], avrebbe dovuto essere un argomento potente in suo favore. Tuttavia esso non ebbe l'adesione delle due principali scuole filosofiche cioè degli Accademici e dei Peripatetici; e più tardi non ebbe neppure l'adesione degli Stoici, a non parlare degli Epicurei. Il far portare in giro intorno alla Terra i circoli descritti dai pianeti, come se quei circoli fossero in qualche modo connessi materialmente col Sole, non poteva entrare nelle idee dei discepoli di Platone. Ai discepoli d'Aristotele invece, per cui tutto il cielo era un grande e complicato meccanismo di sfere, una connessione materiale del Sole colle orbite dei pianeti poteva sembrare accettabile in massima; da loro non poteva invece ammettersi, che una sfera fosse intersecata da altre sfere, come qui avveniva della sfera del Sole, che intersecava quelle di Mercurio e di Venere. Quando poi, verso il 270, Beroso Caldeo

[1] Sul Sole, considerato come cuore dell'universo e come principio animatore di tutto il mondo veggansi Teone Smirneo, ed. Martin, p. 297: Plutarco, *De facie in orbe Lunae*, c. 15: Macrobio, *Comm. in Somnium Scipionis*, Lib. I, c. 20.

venne a stabilirsi in Coo, portando in Grecia le dottrine dell'astrologia giudiziaria, non poteva trovar favore presso gli adepti della nuova scienza un sistema, in cui si turbava l'ordine concentrico delle sette sfere, e dei sette astri dominatori degli umani eventi; ordine che fu adottato anche dagli Stoici, e ritenuto come il più antico ed il più vero anche da Ipparco e da Tolomeo. Anzi allora si presentò il problema di spiegare le anomalie dei moti planetari senza turbare l'ordine predetto, e senza sconvolgere i principi fondamentali dell'astrologia.

Inoltre, secondo le idee geometriche del tempo, il sistema presentava un difetto d'omogeneità. I circoli descritti da Mercurio e da Venere intorno al Sole erano tutti intieri da una parte della Terra, mentre quelli descritti da Marte, Giove e Saturno comprendevano questa nel loro interno. Il moto nell'eccentro, contato dall'apogeo secondo l'uso generale di tutti gli antichi astronomi, si faceva intorno al Sole secondo l'ordine diretto dei segni per Mercurio e per Venere, secondo l'ordine inverso dei segni per Marte, Giove e Saturno. Tutte queste difficoltà non esistono per noi, che sogliamo riferire i movimenti zodiacali non all'apogeo mobile, ma al principio d'Ariete, cioè ad un'origine fissa, rispetto a cui tutti i movimenti medi riescon diretti; e che troveremmo naturale di considerare i circoletti di Mercurio e di Venere come una specie particolare di eccentri mobili per cui il raggio è minore dell'eccentricità, mentre è maggiore di questa per gli eccentri dei pianeti superiori.

9. Ma d'altra parte non poteva sfuggire ai matematici la facilità e la relativa precisione con cui quelle ipotesi rappresentavano geometricamente l'anomalia principale dei moti planetari e davano conto delle stazioni e delle retrogradazioni. Trattavasi di conservare questi loro effetti, usando di costruzioni geometriche analoghe sì, ma di carattere meno rigido e più facilmente adattabile ai placiti delle scuole dominanti ed alle esigenze dell'astrologia. Ora due erano le combinazioni geometriche, a cui il sistema doveva il suo carattere proprio e la sua concordanza coi fenomeni: *l'epiciclo*, e *l'eccentro mobile*.

Epicicli. — La prima era costituita dalla speciale forma di circolazione di Mercurio e di Venere intorno al Sole; la la quale fu evidentemente il primo germe, da cui derivò la teoria dell'epiciclo mosso sopra un deferente concentrico. Qui il deferente era l'orbita del Sole intorno alla Terra; l'epiciclo era l'orbita secondaria del pianeta intorno al Sole. Era mani-

festo, che il carattere geometrico dei moti di Mercurio e di Venere non sarebbe cambiato, quando il centro della loro circolazione secondaria fosse rappresentato, non fisicamente dal Sole, ma soltanto geometricamente da un punto ideale. Anche sopprimendo il Sole, le stazioni e le retrogradazioni di quei due pianeti si sarebbero spiegate egualmente [1]. Quindi nacque il problema di esaminare, se anche le ambagi dei tre pianeti superiori non avrebbero potuto essere spiegate con una circolazione secondaria lungo un epiciclo intorno ad un centro ideale dotato, come il Sole, di circolazione primaria intorno alla Terra. Il successo di questo tentativo fu l'origine della teoria generalizzata degli epicicli, nella quale i raggi e le velocità si ponevano affatto liberi da ogni condizione, e di cui Eraclide Pontico aveva veduto in cielo un primo esempio particolare. Sotto la nuova forma generale ed astratta, l'epiciclo ed il deferente insieme associati costituivano un meccanismo utilmente applicabile dappertutto, dove si trattasse di dare una rappresentazione puramente geometrica di anomalie aventi carattere periodico.

10. Quest'ipotesi degli epicicli introduceva però una difficoltà, la quale da principio dovette sembrare poco meno che insuperabile alla mente degli antichi filosofi, cioè la circolazione di un astro intorno ad un semplice punto ideale, privo in natura di ogni visibile contrassegno. Infatti non si hanno notizie precise intorno al suo uso per più d'un secolo, sebbene offrisse un modo eccellente di spiegare i fenomeni senza punto scuotere la Terra dalla sua posizione immobile al centro del mondo. Ma essa incontrò invece il favore dei matematici, i quali, seguendo l'avviso di Aristotele, nel costruire ipotesi astronomiche non cercavano di determinar le cose come stanno veramente in natura, ma soltanto aspiravano a trovare pei movimenti celesti una rappresentazione geometrica non ripugnante ai fenomeni, ed opportuna al loro calcolo ed alla loro predizione [2]. A tali uomini era perfettamente indifferente, che

[1] La facilità di spiegare le stazioni e retrogradazioni di Mercurio e di Venere per mezzo della loro circolazione intorno al Sole, non è sfuggita neppure a Vitruvio, il quale (IX, 4) dice, dopo accennato al loro moto eliocentrico: *Etiam stationibus propter eam circinationem morantur in spatiis signorum.*

[2] Circa il diverso modo, con cui dai geometri e dai fisici si consideravano, dopo Aristotele, le ipotesi astronomiche, vedi la *Fisica* d'Aristo-

il centro di una circolazione da loro supposta in cielo fosse vuoto, od occupato da un astro qualsiasi. Apollonio di Perga sembra sia stato il primo ad illustrare la teoria degli epicicli, mostrando in qual modo elegante si poteva in essa determinare col calcolo le epoche ed i luoghi delle stazioni, le ampiezze e le durate delle retrogradazioni. Più tardi la facilità e la chiarezza di questo modo d'interpretare il corso apparente dei pianeti conciliarono ad esso il favore anche dei filosofi, specialmente dei Peripatetici, dopo che ebbero abbandonate, come insufficienti, le sfere omocentriche. Anzi in progresso di tempo i Peripatetici trovarono il modo di evitare la difficoltà e la sconvenienza di assumere un semplice punto matematico qual centro di circolazione. Nell'ipotesi epiciclica ogni pianeta potendo considerarsi a parte, ed essendo la sua teoria affatto indipendente da quelle degli altri, l'ordine e la grandezza delle loro sfere rimangono interamente arbitrari. Quindi nacque la possibilità di dare a detta ipotesi una nuova forma, quella cioè delle sfere solide, in cui l'epiciclo è surrogato da una sferetta incastrata nella grossezza di una sfera cava più grande e concentrica al centro del mondo, rappresentativa del deferente [1]. Con questo era risoluta la principale obbiezione che l'antica fisica poteva opporre alle teorie epicicliche; la parte fisica del sistema dipendeva dai medesimi principi, che avevano consigliato ad Aristotele l'adozione delle sfere d'Eudosso; nè il meccanismo della rotazione di tante sfere presentava più difficoltà in un caso che nell'altro. Verso il principio dell'èra volgare il sistema delle sfere solide si trova accettato tanto dai Platonici che dai Peripatetici; è quello esposto da Adrasto Afrodisiense e da Teone Smirneo, e dopo di loro da molti altri scrittori dell'antichità e del medio evo aristotelico. Tolomeo poi ebbe da ultimo il vanto di dare all'ipotesi epiciclica press'a poco tutta la perfezione di cui è capace, combinando l'epiciclo col deferente eccentrico fisso, e separando il centro delle distanze uguali dal centro dei moti angolari uguali. Veramente

telo, II, 2; e il relativo commento di Simplicio, pp. 290-293 ed. Diels. In questo è intercalato un notevolissimo passo di Gemino, che verte sul medesimo argomento; ad esso dovremo più volte riferirci nel corso della presente memoria, e perciò lo riportiamo testualmente nella appendice.

(1) Un cenno del sistema delle sfere cave e solide si troverà nella memoria *Sfere omocentriche d'Eudosso*, ecc. sul fine del cap. VIII, pp. 92-93 del presente tomo.

in tal guisa il principio del moto uniforme nella circolazione degli astri intorno a determinati centri riceveva una grave offesa; ma oramai dopo i lavori d'Ipparco era diventato manifesto, che un tal principio nella semplice ed assoluta sua forma originaria non poteva più bastare ai fenomeni, quali risultavano dalle osservazioni più perfette di quel grande astronomo e dei suoi successori. E tale fu la serie di modificazioni, per cui passò l'ipotesi degli epicicli, in quasi cinque secoli che corsero da Eraclide Pontico fino a Tolomeo.

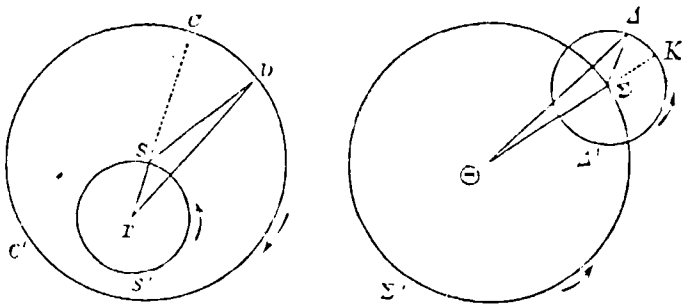
11. Eccentri mobili. — L'altra combinazione di movimenti risultante dal sistema ticonico, quella degli eccentri mobili, non acquistò nell'antica astronomia quell'importanza che ebbero gli epicicli; tanto, che gli storici di questa scienza parvero dimenticarla affatto. La loro forma originaria, che qui sopra abbiamo descritta (§ 6), supponeva che il centro dell'eccentrico dovesse coincidere costantemente col Sole, od almeno essere veduto dalla Terra sempre nella direzione del Sole. Da tale condizione non li prosciolse neppure Apollonio di Perga, il quale è il più antico autore che abbia fatto menzione esplicita degli eccentri mobili, e studiò il modo. con cui dai medesimi si può dedurre la spiegazione ed il calcolo delle stazioni e delle retrogradazioni. Per Apollonio il centro dell'eccentrico mobile gira di moto uniforme intorno alla Terra nello spazio di un anno; in conseguenza il suo uso è limitato alla teoria dei pianeti superiori. Questi sono contrassegni evidenti che non lasciano alcun dubbio circa l'origine dell'eccentro mobile, e danno una prova incontrastabile, che gli eccentri sono nati dal sistema ticonico, *fuori del quale simili limitazioni non avrebbero avuto alcun motivo di essere.* Sotto tal forma gli eccentri mobili non sarebbero mai stati inventati dai Greci, se questi in una certa epoca anteriore ad Apollonio non avessero conosciuto il sistema suddetto. Ciò si vedrà anche meglio nel capitolo seguente quando si discuteranno le notizie lasciate da Apollonio su tale argomento.

D'un altro fatto Apollonio ci dà sicura testimonianza; ed è, che i Greci già al tempo suo avevano scoperto la relazione intima che esiste fra la teoria degli eccentri mobili e quella degli epicicli. Questa si enunzia dicendo, che se il movimento di un corpo celeste può essere rappresentato per mezzo dell'eccentro mobile, esso può altrettanto bene e con uguali risultati essere rappresentato per mezzo dell'ipotesi epiciclica.

Cosicchè l'una e l'altra ipotesi, tanto diverse nella prima apparenza, geometricamente considerate si equivalgono nei loro effetti, e possono essere surrogate l'una all'altra indifferentemente.

12. Nell'ipotesi dell'eccentro mobile (vedi la prima delle due figure vicine) sia T il luogo della Terra, ed intorno ad essa si aggiri concentricamente nel circolo SS' il centro S dell'eccentrico mobile, in guisa che la retta condotta da T ad S giaccia sempre nella direzione del Sole, movendosi di moto diretto secondo l'ordine naturale dei segni. Dal centro S descriviamo l'eccentrico, e supponiamo sia rappresentato dal

I. II.



circolo CC'. Conducendo la retta TS e prolungandola in C, sarà in quel momento C il luogo dell'apogeo dell'eccentrico. Se poi mettiamo che il pianeta si trovi allora sul suo eccentrico in D, percorrendolo in senso opposto all'ordine dei segni, l'angolo CSD, o l'arco CD contato dall'apogeo secondo l'ordine *inverso* dei segni sarà l'*argomento dell'anomalia*, che più brevemente designeremo col nome di *anomalia*: e il pianeta dalla Terra T sarà veduto nella direzione TD.

Nell'ipotesi dell'epiciclo (vedi la seconda figura) sia Θ il luogo della Terra. Intorno ad essa si descriva il circolo deferente ΣΣ' uguale all'eccentro mobile della prima ipotesi, ed in esso da Θ si conduca la linea ΘΣ uguale e parallela ad SD della figura precedente. Si ponga in Σ il centro dell'epiciclo: e si descriva da questo centro l'epiciclo stesso ΔΔ' uguale al circolo SS' dell'altra ipotesi. Sarà K in quel momento l'apogeo dell'epiciclo. Facciasi ora l'angolo KΣΔ uguale all'anomalia (cioè all'angolo CSD della prima figura, contato però da K

in senso diretto); e mettiamo che il pianeta sia in Δ. L'osservatore terrestre lo vedrà nella direzione $\Theta\Delta$.

Ciò posto; per ipotesi nei due triangoli TSD, $\Theta\Sigma\Delta$ abbiamo $\Theta\Sigma$ uguale e parallela a SD, e l'angolo $\Theta\Sigma\Delta$ uguale a TSD (ambidue supplementi dell'anomalia); è manifesto che avremo anche $\Sigma\Delta$ parallela a TS. Ma inoltre abbiam posto $\Sigma\Delta = ST$. Dunque i due triangoli avendo lati uguali comprendenti un angolo uguale, saranno uguali; quindi le distanze del pianeta dalla Terra TD, $\Theta\Delta$ saranno uguali nelle due ipotesi. E poichè i lati $\Theta\Sigma$, SD sono, oltre che uguali, anche fra loro paralleli, e così pure ST, $\Sigma\Delta$; anche i terzi lati TD. $\Theta\Delta$ saranno paralleli fra di loro; cioè in ambe le ipotesi il pianeta sarà veduto nella medesima direzione.

Le condizioni perchè questo si verifichi ad ogni istante sono due: una, che i raggi SD, $\Theta\Sigma$ nel deferente e nell'eccentrico rimangano sempre paralleli; l'altra, che l'anomalia CSD nell'eccentrico sia uguale all'anomalia $K\Sigma\Delta$ dell'epiciclo; contata contro l'ordine dei segni nel primo caso, secondo l'ordine dei segni nell'altro. Ora a questo si provvederà facilmente: 1) quando in ambi i casi il pianeta si trovi simultaneamente all'apogeo una volta; 2) quando la rivoluzione anomalistica sia la stessa e siano uguali al periodo zodiacale le rivoluzioni nel deferente SS′ e nell'epiciclo $\Delta\Delta'$ rispetto al primo punto d'Ariete. Con ciò è assicurata l'identità perenne delle direzioni del pianeta e delle sue distanze dalla Terra; i risultati saranno sempre gli stessi in entrambe le ipotesi.

È poi manifesto, che la dimostrazione regge ancora quando, invece di far uguali i raggi dei due circoli nell'una e nell'altra ipotesi, si suppongano soltanto proporzionali, mutando le dimensioni dell'una o dell'altra figura nel rapporto che si vuole. Inoltre si ha, che nella seconda ipotesi la direzione del raggio dell'epiciclo è ad ogni istante parallela a quella che va dalla Terra al Sole nella prima ipotesi.

13. Noi comprendiamo adesso l'indifferenza, con cui i matematici greci considerarono l'ipotesi degli eccentri mobili, dando la preferenza agli epicicli. Le due ipotesi in fondo non erano che forme diverse di una medesima costruzione, ed il calcolo delle posizioni planetarie era sostanzialmente identico in ambedue. Ma la forma epiciclica aveva il vantaggio di potere essere applicata anche ai pianeti inferiori, per i quali l'eccentro mobile, quale allora si concepiva, non poteva ser-

vire. Inoltre gli epicicli permettevano di rendere conto in modo quasi intuitivo dei fenomeni di stazione e di retrogradazione; mentre a comprender bene questi effetti nell'ipotesi degli eccentri mobili eran necessarie dimostrazioni geometriche non ugualmente facili per tutti. Con queste si dimostrava che la cosa doveva essere così; ma non si presentava in modo chiaro all'immaginazione il meccanismo, per cui si generavano le apparenti complicazioni e le circostanze tutte di quei movimenti.

Abbiamo finora seguito la filiazione logica delle idee: abbiam cioè tentato di mostrare per quale sequela di facili ragionamenti poterono i Greci esser condotti alle conclusioni esposte. Rimane ora la parte storica del problema; disseppellire cioè dalle rovine dei secoli alcuni pochi e non abbastanza studiati avanzi di tradizione, soli capaci di dare la prova, che quanto fin qui fu presentato come plausibile congettura, è realmente avvenuto.

IV. ANTICHE NOTIZIE SUGLI ECCENTRI MOBILI.

14. *Apollonio di Perga.* — La più importante notizia, che io abbia potuto trovare circa l'ipotesi degli eccentri mobili, è quella riferita da Tolomeo nell'Almagesto, al principio del libro XII. Volendo egli spiegare la teoria delle stazioni e delle retrogradazioni planetarie, e calcolarne gli elementi per i cinque pianeti, si apre la strada col riferire due teoremi eleganti che *diversi geometri e fra questi Apollonio di Perga,* avevan proposti come fondamento di tale teoria. L'importanza di questo passo è tale, da giustificarne qui la riproduzione per intiero. Tolomeo dunque dice, alludendo alle stazioni ed alle retrogradazioni:

« Ma per trattar questo argomento, diversi matematici, e « fra essi Apollonio di Perga, incominciano col dimostrare, « che per l'una delle due anomalie, quella cioè che ha luogo « rispetto al Sole; *se la si rappresenta per mezzo dell'ipotesi « epiciclica, facendo cioè muovere l'epiciclo in longitudine secondo « l'ordine diretto dei segni in un circolo concentrico allo Zodiaco, « mentre l'astro stesso si muove sull'epiciclo intorno al centro di « questo con velocità uguale a quella dell'anomalia, e con moto « diretto nella parte di esso epiciclo più lontana dalla Terra;* « tirando dall'occhio nostro una retta qualunque che divida

« l'epiciclo in modo, che di essa retta la metà della parte « compresa entro l'epiciclo stia alla parte compresa fra l'occhio « e l'epiciclo, nell'arco più vicino alla Terra, come la velocità « dell'epiciclo sta alla velocità dell'astro; il punto determinato « sull'arco dell'epiciclo più vicino a noi dalla retta così trac- « ciata separa i movimenti diretti dai movimenti retrogradi; « così che l'astro, arrivato a quel punto, sembrerà stazionario. « *Che se invece l'anomalia rispetto al Sole si suppone prodotta « per mezzo dell'ipotesi dell'eccentrico (la quale è applicabile « soltanto ai tre pianeti capaci di scostarsi a qualunque distanza « angolare dal Sole), il centro dell'eccentrico aggirandosi con ve- « locità apparente uguale a quella del Sole intorno al centro dello « Zodiaco secondo l'ordine diretto dei segni, mentre l'astro gira « sull'eccentrico secondo l'ordine inverso dei segni con periodo « uguale a quello dell'anomalia;* tirando pel centro dello Zodiaco « (dov'è l'occhio) una corda dell'eccentrico così fatta, che la « sua metà abbia, al segmento minore dei due in cui dal- « l'occhio è divisa, lo stesso rapporto che ha la velocità del- « l'eccentrico alla velocità dell'astro; l'astro, arrivato al punto « in cui quella retta si termina alla parte dell'eccentrico più « vicina alla Terra, sembrerà stazionario. *Noi però esporremo « sommariamente e più opportunamente le proposizioni anzidette, « usando una dimostrazione mista e comune ad entrambe le ipotesi, « per far vedere la loro somiglianza, e la concordanza delle ra- « gioni nell'uno e nell'altro caso* ».

Io qui non intendo occuparmi dei due teoremi d'Apollonio, ma chiamerò piuttosto l'attenzione sulle parti distinte in carattere corsivo, dalle quali si ricavano varie informazioni di grande interesse.

15. Primieramente apprendiamo che Apollonio di Perga ed altri geometri fondavano le loro dimostrazioni dello stare e del retrogradare dei pianeti sui teoremi anzidetti; e ciò facevano in due ipotesi, cioè in quella dell'epiciclo, ed in quella dell'eccentro mobile. Da ciò alcuni hanno creduto di poter dedurre, che Apollonio sia stato l'inventore degli epicicli. Ma leggendo attentamente le parole di Tolomeo si vedrà, che questa conclusione non è in esse contenuta. Apollonio ha semplicemente illustrato con quei teoremi le due ipotesi, di cui sopra, ciò che pure fecero altri geometri. Non è detto a quale epoca questi appartenessero; al più, dalla preminenza che qui si dà ad Apollonio si potrebbe concludere esser egli stato il primo

autore di quei teoremi. Tutte le questioni concernenti l'invenzione delle due ipotesi degli epicicli e degli eccentri mobili rimangono indecise.

16. In secondo luogo si noterà, come con brevi e precise parole si descrivono l'una e l'altra ipotesi. Manifestamente erano le principali, di cui allora i matematici usassero occuparsi. La prima delle due è l'ipotesi epiciclica semplice, in cui il centro dell'epiciclo si muove di moto circolare uniforme sul suo deferente intorno alla Terra come centro. È lo schema adottato per Mercurio e Venere da Eraclide Pontico; schema semplice, e molto diverso da quello più artifizioso, ma meno elegante, adottato da Tolomeo. Dalle parole dell'Almagesto combinate con quanto si espone in un altro luogo della stessa opera (libro IX c. 2), dove si afferma che *i matematici prima d'Ipparco non dimostravano geometricamente che una sola anomalia ed una sola retrogradazione*, apprendiamo che i primi germi della forma tolemaica della teoria epicielica non possono risalire al di là d'Ipparco. Ne concludiamo, che la forma dell'ipotesi epiciclica semplice, cui Apollonio accenna, non fu abbandonata neppure dai geometri posteriori fino ad Ipparco; il quale pare sia stato il primo a distinguere l'una dall'altra le due grandi ineguaglianze dei pianeti che dipendono l'una dalla posizione di essi rispetto al Sole, l'altra dal loro luogo nello Zodiaco (anomalia solare ed anomalia zodiacale). Da Eraclide Pontico ad Apollonio vi fu circa un secolo d'intervallo, ed un altro secolo da Apollonio ad Ipparco.

17. L'ipotesi degli eccentri mobili è in certa guisa messa qui in parallelo con quella degli epicicli, e come avente ugual titolo ad essere discussa. Non è detto esplicitamente, ma s'intende in modo non dubbio, che sono considerate come equivalenti nei loro effetti. In simil maniera si trovano esse associate in altri testi che fra poco riferiremo. La descrizione che qui Apollonio dà dell'eccentro mobile coincide perfettamente con quella esposta più sopra, § 6 e 12. Il centro dell'eccentrico compie il suo giro in un anno intorno alla Terra, accompagnando il Sole lungo lo Zodiaco; il pianeta percorre l'eccentrico *in senso contrario all'ordine dei segni*, ed in modo da passare per l'apogeo ad intervalli uguali al periodo della rivoluzione sinodica. Tali sono le velocità richieste per soddisfare ai fenomeni. Mentre dunque la teoria degli epicicli è presentata da Apollonio in tutta la sua generalità, quella degli

eccentri mobili è data sotto condizioni restrittive, le quali (come già sopra notammo § 11) indicano manifestamente l'origine di essa dal sistema ticonico. Pertanto quest' ultimo ebbe origine presso i Greci entro l'intervallo di un secolo circa, compreso fra Eraclide Pontico ed Apollonio di Perga (340-220).

18. Anche facilmente si vedrà, per qual motivo Apollonio dichiari essere impossibile rappresentare colla teoria degli eccentri mobili il moto dei due pianeti inferiori; infatti per ciò fare, bisogna supporre che il circolo descritto dal centro dell'eccentrico sia maggiore dell'eccentrico stesso. Ora questo richiede che la Terra resti fuori dell'eccentrico; in altri termini, non siamo più nell'ipotesi dell'eccentrico, ma in quella dell'epiciclo.

19. Importante da ultimo è osservare, che da tutte queste considerazioni è esclusa affatto l'ineguaglianza zodiacale (ζωδιακὴ ἀνωμαλία) dei pianeti, della quale sembra che Ipparco fosse il primo ad avere un'idea alquanto distinta. Tale ineguaglianza ora noi sappiamo derivare dall'eccentricità delle ellissi kepleriane, e nelle teorie tolemaiche è rappresentata da un eccentro fisso; il quale è cosa ben diversa, ed ha funzioni ben differenti da quelle dell'eccentro mobile finora considerato. Quando dunque negli scrittori antichi d'astronomia si parla di spiegare l'ineguaglianza solare dei pianeti (παρὰ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία) per mezzo di eccentri, teniamo per norma, non doversi pensare agli eccentri fissi dell'ipotesi tolemaiche, ma ad eccentri mobili, il cui centro gira intorno alla Terra nello spazio di un anno. Un eccentro fisso non può in alcun modo rappresentare l'anomalia solare dei pianeti, e non può dare alcun conto delle stazioni e delle retrogradazioni.

20. *Ipparco.* — Un secondo accenno agli eccentri mobili si trova nell'Almagesto, lib. IX, c. 2; dove Tolomeo, esponendo alcuni cenni storici sulle teorie planetarie, e le opinioni d'Ipparco sulle medesime, dice quanto segue: ... « Noi vediamo « che Ipparco non ha intrapreso di abbozzare la teoria dei « cinque pianeti, e che solamente ha messo in ordine più co- « modo le osservazioni; e per mezzo di queste ha dimostrato « che i fenomeni non corrispondevano alle ipotesi dei mate- « matici d'allora. Non solo infatti ei pensava fosse necessario « di spiegare come ciascuno dei pianeti faccia due specie di « anomalia; ma ancora come le retrogradazioni di ciascuno « siano variabili di grandezza; mentre gli altri matematici non

« dimostravano geometricamente che una sola anomalia ed una « sola retrogradazione. *E credeva che questi fenomeni si dovessero rappresentare, non per mezzo di circoli eccentrici, nè per « mezzo di circoli omocentrici allo Zodiaco e portanti epiciclo, « e neanche, per Giove, colla combinazione di entrambe queste cose* ». Qui sono accusati i vecchi matematici di non aver dimostrato che *una sola anomalia*, la quale è manifestamente l'anomalia solare; *ed una sola retrogradazione*, perchè usando la sola anomalia solare, necessariamente l'arco di retrogradazione risulta lo stesso in tutte le parti dello Zodiaco. E si dice, che Ipparco non era contento di rappresentare quest'anomalia, come quelli facevano, per mezzo di circoli eccentrici, o di epicicli mossi concentricamente allo Zodiaco. Abbiamo dunque attestato qui un'altra volta l'uso che i matematici anteriori ad Ipparco facevano, per spiegare l'anomalia solare, delle due ipotesi considerate da Apollonio: cioè degli eccentri mobili, e degli epicicli mossi concentricamente allo Zodiaco.

21. Sulle idee d'Ipparco intorno a questo argomento abbiamo notizie alquanto differenti da Adrasto Afrodisiense, conservateci da Teone Smirneo nel suo compendio d'astronomia. Vi leggiamo infatti [1]: « Ipparco dice essere degno di considera- « zione matematica il conoscere la causa, per la quale, adottando « ipotesi così fra loro differenti, quali son quelle degli eccen- « trici da un lato, e dall'altro quelle degli omocentrici por- « tanti epiciclo, si arrivi al medesimo risultato ». E più sotto accenna come Ipparco si decidesse per l'ipotesi degli epicicli: « Ipparco preferisce e fa sua propria l'ipotesi epiciclica; « dicendo sembrargli più credibile, che tutto il sistema delle « cose celesti sia ordinato simmetricamente ed in egual modo « connesso rispetto al centro del mondo. E malgrado ch'egli « non fosse un fisico, e non abbia considerato accuratamente « quali siano per gli astri i moti reali e consentanei alla « natura, e quali si facciano accidentalmente e per sola appa- « renza; tuttavia anch'egli suppose, l'epiciclo di ciascuno « muoversi sulla periferia di un circolo concentrico, ed il pia- « neta sulla periferia dell'epiciclo ».

22. Tali notizie non consuonano intieramente con quelle dateci da Tolomeo: non vi ha tuttavia alcuna ragione di tenerle come sospette. Probabilmente le une e le altre si riferiscono

(1) THEONIS SMYRNEI, *Astronomia*, ed. H. Martin, pp. 244, 292 e 300-302.

ad epoche diverse nella carriera del grande astronomo di Nicea. Egli infatti non raccolse i suoi lavori astronomici in un grande ed unico sistema comparabile all'Almagesto; ma li consegnò di mano in mano a brevi memorie, scritte in diversi tempi, di parecchie delle quali il titolo ci è stato conservato. Nei suoi primi scritti egli avrà adottato le idee dei matematici a lui anteriori, come dice Adrasto; soltanto dopo aver raccolte sui pianeti molte osservazioni, dopo averle messe in ordine opportuno, e dopo averle esaminate con occhio critico, sarà giunto alle idee più esatte esposte nella narrazione di Tolomeo.

23. *Posidonio e Gemino.* — Una terza notizia sopra gli eccentri mobili ci è fornita da Gemino, che nel secolo precedente l'èra volgare fu dotto scrittore di cose scientifiche, e molto studiò la storia delle matematiche, siccome risulta principalmente dagli estratti che di lui dà Proclo nel suo commentario al primo libro d'Euclide. Stando a quanto egli stesso afferma nel primo capitolo dei suoi *Elementi d'astronomia* (1), Gemino aveva trattato specialmente le ipotesi planetarie in un'altra opera che ora più non abbiamo. Invece alcuni brevi cenni di Gemino, concernenti il moto dei pianeti, ci sono stati conservati da Simplicio nel suo commentario alla fisica d'Aristotele; essi derivano da un compendio, che Gemino aveva scritto sopra la *Meteorologia* di Posidonio (2). Essendo questo passo molto importante sotto più riguardi, e dovendo noi usarne più d'una volta, l'ho riferito tutto intiero testualmente nell'appendice che sta in fine della presente memoria, secondo l'ultima edizione fattane da H. Diels.

Gemino (o forse Posidonio) tratta ivi del diverso punto di vista, sotto cui le teorie dei movimenti celesti devono essere considerate dal fisico e dal matematico; ed espone su questo proposito le distinzioni, di cui sopra già abbiam fatto cenno (§ 10), indicando qual'è la natura ed il metodo delle ricerche pel fisico, e quale per l'astronomo. E viene quindi a dire: « Altre volte (l'astronomo) assegna in forma d'ipotesi certe « combinazioni da lui trovate, ammesse le quali, si può render « conto dei fenomeni. Per esempio: per qual causa il Sole,

(1) In Petavii, *Uranologion*, ed. Paris, 1630, p. 4.

(2) Come risulta dal testo riportato nell'appendice, Simplicio non aveva nelle mani il testo di Gemino, e lo ha riprodotto estraendolo dal commento, che sulla *Fisica* di Aristotele aveva fatto Alessandro Afrodisiense.

« la Luna, i pianeti sembrano muoversi di moto irregolare? « Perchè supponendo la loro circolazione farsi secondo gli « eccentrici, oppure secondo gli epicicli, è possibile salvare « l'anomalia apparente dei loro movimenti. Inoltre sarà neces- « sario discutere secondo quante e quali maniere sia possibile « rappresentare i fenomeni; affinchè la teoria degli astri erranti « si accordi bene a quella dottrina delle cause, che corrisponde « al sistema adottato ».

Ecco qui di nuovo contrapposte le ipotesi degli eccentrici e degli epicicli, come ambedue capaci di spiegare l'anomalia apparente degli astri erranti. Soltanto qui, oltre che dei cinque pianeti, si parla anche del Sole e della Luna. Al tempo infatti, in cui Gemino scriveva, Ipparco aveva già provato, che anche pel moto del Sole e della Luna era possibile servirsi tanto d'un eccentrico, quanto d'un epiciclo. Notevole inoltre sembra l'affermazione: essere necessario discutere tutte le forme d'ipotesi, le quali valgono a rappresentare i medesimi fenomeni; affinchè il fisico, che ne indaga le cause, possa eleggere quella, che meglio corrisponde alla realtà dei fatti.

24. *Adrasto Afrodisiense.* — Questo filosofo peripatetico, il quale sembra fosse abbastanza bene informato delle matematiche, ci tramandò sulla storia dell'astronomia molte preziose notizie, contenute nei lunghi estratti che ne ha fatto Teone Smirneo, intessendo con essi quasi per intiero il suo compendio di astronomia. Non è conosciuta con precisione l'epoca in cui visse; sembra che fosse anteriore d'alquanto a Tolomeo, e con una certa verosimiglianza si può collocarlo al principio del secondo secolo di Cristo. L'insieme delle sue notizie astronomiche appartiene però ad un'epoca più antica: e rappresenta ad un dipresso le nozioni che prevalevano fra i matematici greci immediatamente anteriori ad Ipparco. Questo astronomo egli nomina più volte, ma sembra che ne abbia conosciuto soltanto alcuni lavori; e forse anzi le notizie ch'egli ne ebbe, furono di seconda mano. Fra le altre cose egli sembra aver affatto ignorato la capitale scoperta della precessione degli equinozi.

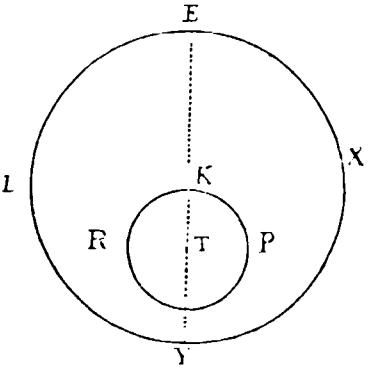
La trattazione piuttosto copiosa che Teone da lui riporta circa la teoria dei movimenti planetari, è fatta principalmente secondo l'ipotesi degli epicicli, non omettendo però una frequente, sebbene per lo più assai superficiale, comparazione con quella degli eccentri. La teoria del moto solare anzi è copio-

samente esposta in entrambe le ipotesi, e con prolissità assai maggiore del necessario si dimostra (probabilmente sulle tracce d'Ipparco) che l'una e l'altra conducono a risultamenti identici. Per la Luna e per i cinque pianeti, l'identità dei risultati dati dalle due ipotesi è affermata ripetutamente, ma non provata. Fin dal principio egli comincia [1] col dire, che... « qualunque forma si voglia adottare, i fenomeni saranno salvi: « e si dimostrerà, essere vana la dissensione dei matematici, « dei quali alcuni dicono, gli astri erranti muoversi soltanto « per eccentrici, gli altri invece volendo, che si muovano intorno al centro stesso dell'universo ». Segue una lunga serie di dimostrazioni, tutte concernenti il problema noto d'Ipparco, del rappresentare l'anomalia del Sole, sia con un epiciclo, sia con un eccentro fisso. Fatta vedere, per questo caso del Sole, l'identità degli effetti nelle due ipotesi, continua [2]: « Le medesime cose si dimostrano anche per gli altri erranti; eccettuato soltanto questo, che il Sole nell'una e nell'altra ipotesi « le ripete sempre (ad ogni periodo), perchè per esso i tempi « delle restituzioni di longitudine, di latitudine, di altitudine, « e di anomalia dai più son stimati uguali, ciascuno di 365 $^1/_4$ « giorni... Ma per gli altri erranti [3] variando molto i tempi « suddetti, e per gli uni più, per gli altri meno, le apparenze « di ciascuno riescono più variate e mutevoli, tanto nell'una « che nell'altra ipotesi »... Dimostrato poi il modo con cui, e coll'eccentrico e coll'epiciclo si rende conto delle massime, medie e minime distanze del Sole dalla Terra, procede così [4]:

« Per gli altri pianeti, siccome essi fanno in ogni parte « dello Zodiaco le loro massime, minime, e medie distanze, e « così pure le loro massime, minime, e medie velocità (apparenti, diremo così). Se dal centro T del mondo, con raggio « TK, s'intenda descritto il circolo RKP concentrico al mondo, « ed uguale all'epiciclo dell'altra ipotesi; e si supponga rivolgersi intorno al centro T, portando seco in giro il centro K « dell'eccentrico, con moto contrario a quello (diurno) del « mondo, facendo un certo periodo rivolutivo; se inoltre mettiamo che l'eccentrico ELYX si rivolga, secondo un altro

(1) Theonis Smyrnæi, *Astron.*, ed. Martin, cap. XXVI, p. 220.
(2) *Ibid.*, cap. XXVII, p. 258.
(3) *Ibid.*, cap. XXVIII, p. 262.
(4) *Ibid.*, cap. XXX, p. 270.

« periodo rivolutivo diverso dal primo, intorno al suo proprio « centro K, e portando seco infisso il pianeta nel punto E; si « potranno con queste ipotesi spiegare i fenomeni, purchè a « ciascun pianeta si assegnino le durate convenienti per le « (due) rivoluzioni. Ma troppo « lunga dimostrazione sarebbe « necessaria, se si volesse anche « qui metter fra loro d'accordo « le ipotesi dei matematici [1], i « quali prendendo a base la sola « considerazione dei fenomeni e « delle combinazioni accidentali « dei movimenti, con zelo si die- « dero a cercare tali ipotesi, alle « quali i fenomeni bene corri- « spondessero:... tutti usando « metodi imperfetti, e non coor- « dinati alla realtà fisica delle cose, alla quale è pur neces- « sario attendere ».



25. Ecco dunque descritta un'altra volta l'ipotesi dell'eccentro mobile. Ma la descrizione d'Adrasto è molto meno limitata nelle sue condizioni, che quella d'Apollonio [2]. La condizione imposta da Apollonio, che la rivoluzione del centro dell'eccentrico intorno alla Terra si faccia in un anno seguendo il moto del Sole, rendeva l'ipotesi applicabile ai soli pianeti superiori, pei quali evidentemente è stata escogitata. Qui Adrasto considera la cosa in modo più generale, non ponendo alcuna limitazione nei periodi, nè nel rapporto di grandezza fra i due circoli della figura qui sopra. E così era necessario fare: perchè Adrasto non considera soltanto i pianeti superiori, ma tutti e cinque i pianeti, ed anche la Luna. L'unica limitazione che egli mette, è questa: che *nell'ipotesi dell'eccentro mobile il cir-*

(1) *Longum est demonstrando persequi, quae sit, et quatenus accidat, maxima stellarum errantium altitudo, quae media, quae minima; seu per eccentros ferantur, seu per epicyclos (circulos). Itaque veniemus* etc, Così Calcidio, copiando anch'egli Adrasto, nel suo Commentario al *Timeo* di Platone, capo LXXXVI (Mullach, *Fragmenta Philosophorum Graecorum*, vol. II, p. 201). Vedi anche al capo LXXIX del medesimo Commentario un cenno delle dissensioni dei matematici al riguardo degli eccentri e degli epicicli.

(2) Vedi qui sopra, § 14.

colo RKP percorso dal centro dell'eccentrico intorno alla Terra sia uguale all'epiciclo dell'ipotesi epiciclica. Con ciò senza dubbio egli ha voluto dire, che il rapporto dei raggi dell'eccentrico e del circolo RKP sia uguale al rapporto, che nell'ipotesi epiciclica ha il raggio del deferente al raggio dell'epiciclo. E questa è veramente la condizione necessaria perchè sia possibile l'equivalenza delle due ipotesi, siccome chiaramente risulta dalle considerazioni fatte nel § 12.

È dunque manifesto, che dal tempo d'Apollonio al tempo d'Ipparco (al quale crediamo press'a poco contemporanee le idee esposte da Adrasto) il concetto di *eccentrico mobile* si era fatto più generale. Gli eccentri mobili di Apollonio potevano solo adattarsi alla teoria dei pianeti superiori: il che prova che essi furono escogitati appunto per quei pianeti, senza dubbio qual complemento alla teoria dei pianeti inferiori, cui gli epicicli si adattavano così bene nel sistema di Eraclide Pontico. Invece il moto degli apsidi lunari avea mostrato, che alla Luna poteva applicarsi la teoria dell'eccentro solare, facendo però muovere lentamente il centro di questo intorno alla Terra, in un tempo uguale al periodo rivolutivo dell'apogeo lunare [1]. E molto probabilmente dobbiamo riconoscere da ciò la maggior generalità che acquistò l'idea di eccentro mobile dopo Apollonio.

26. Ma oltre alla Luna, Adrasto comprende nella sua definizione degli eccentri mobili anche i due pianeti inferiori. Che il moto di questi pianeti, in modo così evidente rappresentato dall'epiciclo nell'ipotesi di Eraclide Pontico, si possa anche tradurre in una certa forma di eccentro mobile, non vi ha dubbio alcuno, dopo quanto abbiamo esposto nel § 12. Ma che questo sia stato fatto realmente dai matematici greci, mi par molto incerto. L'ipotesi dell'eccentro mobile ha il grave difetto di non rendere intuitiva e chiara a primo aspetto la spiegazione delle stazioni e delle retrogradazioni. Nulla ha potuto giustificarne l'uso, fuorchè la possibilità di coordinare con essa il moto dei pianeti superiori e quello dei pianeti inferiori

[1] Tolomeo conosceva il modo di rappresentare l'anomalia della Luna con un eccentro mobile (*Almagesto*, IV, 4). Non l'adottò, volendo riservare l'eccentro mobile alla teoria dell'evezione. Ma ebbe cura di dimostrare, che ambedue le ipotesi si possono adattare in modo da produrre gli stessi risultati.

in un unico sistema (cioè in quello che poi fu detto ticonico). La sua applicazione ai pianeti inferiori non solo avrebbe annullato questo vantaggio, ma avrebbe portato nel sistema quell'eterogeneità, che appunto si voleva sfuggire [1].

Noi pensiamo dunque che Adrasto, il quale sembra che scrivesse la sua Astronomia come parte di un Commentario al *Timeo* di Platone [2], abbia esposte le cose in un modo generico, e non esatto fino agli ultimi particolari. Costretto dal suo scopo ad evitare (come egli stesso dice nel passo più sopra riferito) troppo lunghe dichiarazioni, non potè o non volle distinguere accuratamente i vari casi che si potevano presentare nell'applicazione degli eccentri mobili alla Luna, ai pianeti superiori ed ai pianeti inferiori; tanto più che gli eccentrici rappresentavano per lui soltanto una combinazione accidentale di movimenti (κατὰ συμβεβηκός), e non il vero piano della natura [3].

V. ORIGINE DEGLI ECCENTRI E DEGLI EPICICLI.

27. Le precedenti notizie sull'ipotesi degli eccentri mobili ci permettono di seguirne l'esistenza per circa tre secoli, dai tempi di Apollonio di Perga fino a quelli di Adrasto Afrodisiense; esse ci danno inoltre il modo d'interpretare rettamente alcuni luoghi di antichi scrittori, che si riferiscono alla loro origine ed a quella degli epicicli.

Gemino, nel primo capitolo della sua *Introduzione ai fenomeni*, scrive: « Si assume in tutta l'astronomia come principio, « che il Sole e la Luna ed i cinque pianeti si muovano di « moto circolare uniforme in senso contrario alla rivoluzione « diurna del mondo. I Pitagorici, che per i primi intrapresero « queste ricerche, supposero circolari e regolari i movimenti « del Sole, della Luna e dei cinque pianeti. Essi non ammet- « tevano in questi corpi divini ed eterni tale disordine, per

(1) Mentre per i pianeti superiori la rivoluzione del centro dell'eccentrico intorno alla Terra è per tutti un anno, per gli inferiori dovrebbe essere diversa, e per ciascuno di essi uguale a ciò che noi chiamiamo *rivoluzione siderea*, periodo che per Mercurio e Venere era agli antichi (ed anche ai moderni prima di Copernico) totalmente sconosciuto.

(2) H. Martin, introduzione alla sua edizione di Teone Smirneo, p. 76.

(3) Vedi Theonis Smyrnæi, *Astronomia*, ed. Martin, p. 210, e le spiegazioni di Martin, p. 368.

« cui avessero ora a correr più presto, ora ad andar più lentamente, ora ad arrestarsi, come fanno i cinque pianeti nelle « loro così dette *stazioni*. Nessuno infatti ammetterebbe un simile irregolar modo di camminare in una persona composta « e di abito bene ordinato. Spesso le necessità della vita sono « agli uomini causa di lentezza o di velocità; ma di tali cause « nessuna se ne può assegnare nella natura incorruttibile degli « astri. Onde i Pitagorici proposero la questione: in qual « modo per mezzo di movimenti circolari ed uniformi si possano rappresentare i fenomeni [1] ».

28. Un'analoga ma non identica notizia, data in origine da Adrastro Afrodisiense, si trova nei suoi due compilatori, Teone Smirneo e Calcidio. Teone dice [2]: « Le varie apparenze « dei moti planetari nascono da questo: che i pianeti, infissi « come sono ciascuno in una propria sfera, e mossi da quella « secondo certi circoli, al nostro occhio sembrano proiettarsi « sullo Zodiaco, come fu primo ad intendere Pitagora ». — Calcidio [3]; « Videntur tamen nobis omnes quidem planetae « non aequali motu, quidam tamen inordinata quoque agitatione ferri. Quam igitur causam dicemus huius erroris et « praeitionis? Supra memoratam, a Pythagora intellectam, quod « quum in globis suis consistentes ferantur, per Zodiacum ferri, « languente visus acie, putentur ». — A questa notizia non si potrà attribuire alcun valore storico, se non ammettendo, che per Pitagora abbiansi da intendere quei medesimi Pitagorici, di cui parla Gemino. E ne risulterebbe, aver questi Pitagorici spiegato la irregolarità dei movimenti planetari per mezzo della combinazione di due moti circolari, uno concentrico alla Terra, l'altro avente il suo centro fuori di essa (eccentrico od epiciclo).

29. Proclo nel suo libro delle *Ipotiposi* si spiega anche più chiaramente [4]. Dopo aver accennato in brevi termini alla discordanza che s'incontrava nelle ipotesi astronomiche conosciute al suo tempo, aggiunge che « anche agli illustri Pitagorici (siccome abbiamo appreso dalla storia) piacquero le « ipotesi degli eccentri e degli epicicli, per essere più semplici

(1) Gemini, *Isagoge in Phaenomena* nell'Uranologio di Petavio, edizione 1630, p. 3.

(2) *Astronomia*, capo XXII, p. 212 ed. Martin.

(3) *Comm. in Timaeum Platonis*, c. LXXVI-LXXVII.

(4) Procli, *Hypotyposes*, ed. Halma, p. 70-71.

« di tutte le altre; e lo stesso Pitagora esortò a risolvere i « problemi colle ipotesi più semplici e più facili, come quelle « che a preferenza delle più complicate convengono a quei « corpi divini ». — Qui Proclo intende probabilmente gli eccentri nel senso delle ipotesi tolemaiche (di cui parla poco dopo), cioè nel senso di eccentri fissi; ma l'autorità da cui egli dipende (che possiamo con fondamento supporre sia Gemino nel suo trattato [1] *Sull'ordinamento delle discipline matematiche*) l'intendeva senza dubbio come tutti gli altri scrittori, che abbiam veduto poc'anzi mettere l'una e l'altra ipotesi in reciproca correlazione. Lasciando pure in dubbio quanto si attribuisce personalmente a Pitagora, avremmo questa notizia: che la prima idea così degli eccentri mobili, como degli epicicli, sarebbe dovuta ai Pitagorici.

30. Ma le notizie più importanti che abbiamo su tale argomento sono quelle riferite da Simplicio nel suo Commentario ad Aristotele *De Cielo*. Prendendo a trattare del sistema delle sfere omocentriche, dice: « Primo dei Greci Eudosso da Cnido « (siccome narrò Eudemo nel secondo libro della *Storia dell'astronomia*, e Sosigene dietro l'autorità di Eudemo), dicesi « aver per mezzo di simili ipotesi tentato di sciogliere il pro- « blema proposto, come narra Sosigene, da Platone a quelli « che di tali cose si occupavano; con quali supposizioni cioè « di moti regolari ed ordinati si potessero rappresentare i « fenomeni osservati nei movimenti dei pianeti [2] ». L'autorità di Eudemo, da cui questa notizia dipende, è la più grande che si possa desiderare. Alquanto più sotto, dopo aver esposta la dottrina delle sfere omocentriche, e le difficoltà che ne consigliarono più tardi l'abbandono, aggiunge: « I posteriori astro- « nomi adunque respingendo l'ipotesi delle sfere revolventi, « principalmente perchè non valgono a spiegare le variazioni « delle distanze e le anomalie dei movimenti, alle omocentriche « surrogarono le ipotesi degli eccentri e degli epicicli, se pure « quella dei circoli eccentrici non fu già ideata dai Pitagorici, « come alcuni altri narrano, e fra questi Nicomaco, e sull'au-

(1) Opera di cui gravissima fu la perdita per la storia dell'astronomia e di tutte le matematiche. Citata da Pappo, *Coll. Math.* ed. Hultsch, p. 1027. Proclo se ne servì per le notizie storiche preziosissime da lui riferite nel suo Commentario al Libro I di Euclide.

(2) Simplicio, *De Cielo*, ed. Heiberg, pp. 488-493.

« torità di Nicomaco, Jamblico » [1]. Anche questa notizia sembra ben fondata; perchè il Nicomaco qui nominato appena si può dubitare che sia il celebre matematico di Gerasa, il quale aveva scritto un' opera intitolata *Collezione dei dogmi pitagorici* [2]. Da questa, secondo quanto con molta verosimiglianza congettura il Fabricio, l' avrebbe riferita Jamblico nel libro X della sua opera *Sulla dottrina pitagorica*; il qual libro X trattava appunto delle dottrine pitagoriche περὶ σφαιρικῆς καὶ ἀστρολογικῆς [3]. — Adunque, secondo Nicomaco, ai Pitagorici sarebbe dovuta la prima idea di introdurre l' ipotesi degli eccentrici per spiegare le apparenze dei movimenti planetari. Anche qui non si può intender altro che di eccentri mobili; prima. perchè con i soli eccentri fissi senza epicicli nulla si può spiegare delle retrogradazioni; secondo, perchè l' idea di applicare l' eccentro fisso per soddisfare all' ineguaglianza *zodiacale* dei pianeti non è anteriore ad Ipparco, siccome abbiamo dall' autorità incontrastabile di Tolomeo (vedi sopra § 20). Non risulta poi dalla citazione di Simplicio, se Nicomaco, attribuendo ai Pitagorici l' invenzione dell' eccentro, escludesse ad un tempo, che questi avessero inventato anche l' epiciclo. Dal modo con cui si esprime Simplicio, una tale esclusione sembra probabile, sebbene non possa dirsi assolutamente certa.

31. Questo insieme di testimonianze, lasciando per ora da parte qualche contraddizione secondaria di cui non è difficile rendersi conto in scrittori quasi tutti assai posteriori all'evento, ci conduce con discreta concordia a cercare presso i Pitagorici il primo concetto di rappresentare le irregolarità planetarie sovrapponendo all' antica rivoluzione circolare ed uniforme intorno alla Terra, un altro moto circolare ed uniforme intorno ad un secondo centro. La prima questione che si presenta è di sapere, a quali Pitagorici qui si faccia allusione. — Su questo punto osserviamo in primo luogo, esser senz'altro escluse da queste considerazioni le scuole dei Neopitagorici; delle quali, secondo che espone lo Zeller [4], cominciano a

(1) Simplicio, *De Cœlo*, ed. Heiberg, p. 507.

(2) Citata da Siriano nel Commento al XII della *Metafisica* di Aristotele. Vedi Fabricio, *Bibl. Gr.*, vol. V, p. 637, Harles.

(3) Poteva anche Jamblico aver riferito questa notizia nel suo Commento all'*Aritmetica* di Nicomaco; ma ho verificato che nè nell'*Aritmetica* di Nicomaco, nè nel Commento di Jamblico nulla si trova su tale proposito.

(4) Zeller, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen*

manifestarsi indizi certi soltanto verso la metà del secolo che precedette l'èra volgare: mentre Apollonio, autore di eleganti teoremi sugli eccentrici e sugli epicicli, visse circa un secolo e mezzo prima, esssendo stato contemporaneo d'Archimede, e soltanto di lui un poco più giovane [1]. — Noteremo in secondo luogo, che il problema di trovare « in qual modo per mezzo « di movimenti circolari ed uniformi si potrebbero rappresen- « tare i fenomeni » proposto dai Pitagorici secondo Gemino, è identico nella sostanza a quello che Eudemo fa proporre da Platone, « con quali supposizioni di movimenti regolari ed « ordinati si potessero rappresentare i fenomeni osservati nei « movimenti dei pianeti ». – Ora se all'epoca di cui qui si discorre (suppongo intorno all'anno 365 o non molto prima; Eudosso che sciolse il detto problema col mezzo delle sfere omocentriche morì ancor giovane intorno al 355) i Pitagorici ne avessero già data una soluzione plausibile per mezzo degli eccentri e degli epicicli, Platone non l'avrebbe certamente ignorata, e non avrebbe proposto una seconda volta lo stesso problema quasi nei medesimi termini. Ne concludiamo, che i Pitagorici a cui si allude non potevano essere, nè i veri primitivi discepoli di Pitagora, nè i posteriori sino a Filolao, e neppure i contemporanei di Filolao (che fu circa mezzo secolo più vecchio di Platone); ma si devono cercare fra i coetanei di Platone, o nel tempo che immediatamente gli succedette. Infatti se queste ipotesi fossero state pubblicate vivendo ancora Platone, ei ne avrebbe molto probabilmente riconosciuta l'importanza, e soprattutto non sarebbe stato indotto a tornare nei suoi ultimi anni alla antica ipotesi del Fuoco centrale: ipotesi che poteva esser buona per Filolao, ma dopo i lavori di Eudosso non poteva più esser considerata come sufficiente. Noi siamo così condotti all'epoca di Filippo Macedone e di Alessandro (347-330), durante i cui regni le scuole pitagoriche si vennero poco a poco ingloriosamente estinguendo, lasciando il nome

Entwickelung, vol. VI della 3ª edizione, pp. 79-98. BERGK però era di opinione contraria... *Die Pythagoreische Schule ist niemals erloschen*.. Vedi le sue Memorie postume pubblicate a Lipsia nel 1883 col titolo: *Fünf Abhandlungen zur Geschichte der Griechischen Philosophie und Astronomie*, p. 119.

(1) F. HULTSCH, notizia su Apollonio in PAULY-WISSOWA, *Real-Encyclopädie der classischen Alterthumswissenschaft*.

a certe confraternite, il cui intento era più ascetico e religioso, che filosofico [1].

32. Ma se le scuole cessarono, non si perdettero totalmente le dottrine; delle quali non piccola parte aveva già adottato lo stesso Platone Sappiamo che nella scuola di Platone e dei suoi successori eran tenuti in grande onore i libri di Filolao [2]. Eraclide Pontico stesso, quantunque considerato dai più come filosofo platonico, non mancò di frequentare gli insegnamenti dei Pitagorici, siccome narra Diogene Laerzio [3]; e da un altro scrittore antico è francamente designato come Pitagorico [4].

Che le opinioni pitagoriche intorno alla costruzione dell'universo avessero ai tempi d'Aristotele molti fautori anche fra quelli che non facevano speciale professione di filosofia pitagorica, è attestato da Aristotele medesimo *De Cœlo*. II, 13. Esposta la dottrina del Fuoco centrale, aggiunge: « Anche « molti altri potrebbero essere di questa opinione, che non si « debba porre la Terra al centro... Essi pensano infatti, che « nel centro, come luogo più degno, si debba collocare la cosa « più degna... Onde concludendo pronunziano, che non la « Terra ma il Fuoco stia nel centro ». Sul quale passo riflette giustamente Boeckh [5], doversi applicare non al passato, ma ad opinioni diffuse al tempo di Aristotele. I dogmi pitagorici avevan cessato di essere oggetto d'insegnamento in scuole speciali, ma sopravvivevano nell'opinione di molti, ed in parte trovavan favore nella stessa Accademia. Da queste riflessioni deriva la conclusione; che la prima idea degli epicicli e degli

(1) ZELLER, *Philosophie der Griechen*, vol. I (5ª ediz.), pp. 338-342; vol. VI (3ª ediz.), pp. 79 e seguenti. Diodoro (XV, 70) afferma, che gli ultimi Pitagorici vissero al tempo di Alessandro Magno. Circa l'opinione contraria di BERGK, vedi qui sopra la nota 4 a pp. 146-147.

(2) Anzi lo ZELLER, *Phil. der Gr.* vol. III (4ª ediz.), p. 1000, sembra addirittura attribuire a Speusippo la dottrina del fuoco centrale. Veggansi anche le pp. 1003-1008 circa le grandi sue tendenze al pitagorismo.

(3) Nella vita di Eraclide Pontico.

(4) DESWERT, *Dissertatio de Heraclide Pontico*, p. 11. Lo stesso a p. 41: « dubites, utrum Platonicus cum Strabone vocari possit. Etenim Platonis « sententiam de iis certe quae ad naturae cognitionem pertinent, aggres- « sus adeo est atque perstrinxit, Pythagoricamque potissimum doctrinam « in ea philosophiae parte amplexum esse eum servata quaedam placita « aperte declarant ».

(5) *Untersuchungen ueber das kosmische System des Platon*, pagine 147-148.

eccentrici fu concepita verso l'epoca di Filippo o di Alessandro, non fra gli Accademici puri, nè nel Liceo: ma fra quei pensatori più indipendenti, che al modo di Eraclide Pontico, senza formare scuola a parte, eran rimasti fedeli, almeno per quanto concerne le cose naturali, alle idee pitagoriche, e perciò poterono ancora con qualche verità esser chiamati Pitagòrici, specialmente da scrittori molto posteriori. - Come si vede, questo modo d'interpretazione sembra l'unico che permetta di dare un qualche senso accettabile alle notizie abbastanza concordanti, che sopra l'origine degli epicicli ci danno Gemino, Adrasto, Nicomaco e Proclo; posto almeno che si voglia (ciò che io credo si debba fare) attribuire alle medesime un qualche valore storico.

33. Un'altra considerazione è ancora da fare su questo problema. L'invenzione degli eccentri e degli epicicli ha dovuto presentare due fasi, come sopra già si è notato. Da principio essi sono stati ravvisati direttamente nel cielo, sotto forma di fatto fisico, cioè come circolazioni eseguite dai pianeti intorno al Sole qual centro. Soltanto più tardi, sia per seguire idee preconcette, sia per evitare difficoltà realmente esistenti o credute insuperabili, di quelle circolazioni si disconobbe il carattere fisico; levato il Sole dal loro centro, i matematici ne conservarono soltanto il carattere geometrico; ed ammisero come possibile l'ipotesi di astri che circolano intorno a punti ideali, privi d'ogni natural contrassegno. Il problema di ricercare l'origine degli eccentri e degli epicicli si divide pertanto in due problemi distinti, secondo che si considera l'una o l'altra delle due fasi accennate.

Se, prendendo la cosa sotto il primo aspetto, ci domandiamo chi è stato il primo a veder in cielo circolare un astro, descrivendo un epiciclo intorno ad un altro astro, risponderemo subito, che fu Eraclide Pontico. Egli vide Mercurio e Venere descrivere intorno al Sole i loro circoli, i quali, mossi col Sole intorno alla Terra, dovevano apparire a lui, ed appaiono anche a noi, sotto forma di epicicli. E se si domandi chi è stato il primo a veder nel corso dei pianeti superiori un circolo eccentrico rispetto alla Terra, ma continuamente accentrato sul Sole, risponderemo essere colui, che primo arrivò a costituire lo schema ticonico del mondo secondo la descrizione data più sopra (§ 7). Questi fu forse ancora Eraclide Pontico, come risulterebbe da alcune considerazioni, che svolgeremo

più sotto. Vedremo inoltre, che se egli non fu, certo fu uno dei suoi contemporanei, il quale, oltre che dotato di sano raziocinio, dovette essere geometra abbastanza profondo per rendersi conto del modo, con cui poste tali ipotesi, è possibile con esse rappresentare le varie ambagi dei movimenti dei pianeti, così dei superiori, come degli inferiori. Eraclide era certamente informato di questa scoperta, come più sotto si dimostrerà.

34. Assai meno facile è trattare l'altro aspetto della questione, determinare cioè chi per primo abbia osato supporre nei corpi celesti uno o più movimenti circolari uniformi intorno a centri ideali, vuoti di materia, e privi di ogni fisica entità; riducendo così l'eccentro e l'epiciclo a pure forme d'ipotesi geometrica, prive d'ogni base naturale. Un tal modo astratto di considerazione non ha potuto sorgere che nella mente dei matematici. I quali, spaventati forse dalle conseguenze, che dal concetto fisico dell'eccentrico e dell'epiciclo centrati sul Sole si potevano agevolmente dedurre (anzi erano state già dedotte ancora vivendo Eraclide Pontico), vollero far vedere, che coi medesimi eccentrici e coi medesimi epicicli era possibile salvare i fenomeni, senza togliere alla Terra la dignità di essere centro alle circolazioni di tutto l'universo. Essi adunque dimostrarono potersi rappresentare i movimenti di tutti i pianeti, compresi il Sole e la Luna, nell'ipotesi dell'epiciclo mosso su di un deferente concentrico alla Terra, e non esser punto necessario assegnare al Sole quella posizione così eccezionale nel mondo che da Eraclide e dagli inventori del sistema ticonico si supponeva. Mostrarono altresì, che l'ipotesi dell'eccentrico si adattava soltanto ai pianeti superiori; e da ciò trassero motivo di respingerla. Così fu stabilito il trionfo dell'ipotesi epiciclica nella sua prima forma, qual'è esposta da Apollonio di Perga e da Adrasto Afrodisiense.

Quali siano stati questi matematici, e quando abbia avuto luogo una tale evoluzione d'idee, non è facile dire. Ai tempi d'Apollonio, cioè un secolo dopo Aristotele, essa era già compiuta. In questo intervallo cade la massima fioritura della geometria dei Greci. A quale dei geometri illustri che vissero allora, si possa attribuire la forma astratta assunta in seguito dalle due ipotesi degli eccentri e degli epicicli, non si può congetturare in modo plausibile, attesa la totale mancanza di documenti. Secondo alcuni si potrebbe farne autore Apollonio medesimo; ma è una supposizione e nulla più.

VI. IL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO CONSIDERATO COME IPOTESI GEOMETRICA POSSIBILE.

35. Credo che oramai nella mente di chi legge non sia rimasto più alcun dubbio, che veramente i Greci dalle idee di Eraclide Pontico circa il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere siano stati condotti ad ammettere un simile moto eliocentrico anche per i pianeti superiori, arrivando così al sistema di Ticone. Una prova evidente ne abbiam trovato nella descrizione che Apollonio di Perga ci ha lasciata dell' ipotesi degli eccentri mobili, il cui centro si rivolge intorno alla Terra nel periodo di un anno, e perciò da lui stesso è indicata come applicabile soltanto ai tre pianeti superiori. Da qual altra fonte infatti, fuorchè dal concetto ticonico, poteva derivare l' idea abbastanza recondita dell' ipotesi suddetta [1], obbligata qual' è in uno dei suoi periodi, limitata nel suo possibile uso, e per di più non molto opportuna (quantunque pienamente rigorosa) per dare con chiarezza intuitiva e capace di persuadere anche i non geometri, una spiegazione delle stazioni e delle retrogradazioni? Adunque il risultato qui sopra enunciato è frutto d' induzione sicura, sebbene le dirette testimonianze di esso si possano considerare come irrevocabilmente perdute per noi.

36. Ora dal sistema ticonico a quello di Copernico è noto esser brevissimo il passo. La questione è ridotta a considerare il moto relativo del Sole e della Terra. Da una parte abbiamo la Terra con un satellite, la Luna; dall' altra il Sole, corteggiato da cinque satelliti, che sono i cinque pianeti minori, dei cui giri esso forma il centro. Se la Terra supponiamo fissa, ed il Sole facciam che giri intorno ad essa sempre restando centro alla circolazione dei cinque pianeti, abbiamo il sistema di Ticone. Se invece poniamo fisso il Sole, e con esso il centro

[1] Tanto recondita, che fino agli ultimi tempi è passata inavvertita o non bene intesa anche dai più acuti indagatori di questa parte della storia scientifica. Veggansi a tale proposito le significanti osservazioni di H. Martin sugli eccentri di Adrasto nelle note alla sua edizione di Teone Smirneo, pp. 111, 114, 119, 125, e principalmente p. 379, dove Adrasto è accusato d' errore, ma a torto. Gli effetti da lui descritti sarebbero falsi, se si trattasse di *eccentri fissi:* ma Adrasto parla di *eccentri mobili:* e per questi sono verissime le sue affermazioni.

delle orbite dei cinque pianeti, e facciam pure muovere intorno ad esso la Terra colla Luna, abbiamo il sistema di Copernico. Quest' ultima ipotesi dovette senza dubbio parere molto ardita ai Greci di quel tempo, come quella che includeva la circolazione della Terra intorno al centro dell' universo; ma una tal circolazione non era idea interamente nuova, e qualche cosa di simile già era stato proposto da Filolao. Questo nuovo grado nella scala delle deduzioni non era dunque tanto difficile ad essere superato; e lo fu infatti ancora vivente Eraclide Pontico. Egli stesso ce ne dà la notizia in un passo de' suoi scritti, sventuratamente troppo breve, che per caso singolare ci è stato conservato, e che costituisce uno dei più importanti documenti nella storia dell' antica astronomia.

37. Il passo è riferito da Gemino nel medesimo estratto, che del suo commento alla *Meteorologia* di Posidonio ci è stato conservato da Alessandro Afrodisiense e da Simplicio; e che per intiero riportiamo nell' Appendice posta in fine della presente memoria. Già due volte ne abbiam fatto uso (§§ 10, 23); pure l' intima connessione che hanno tutte le idee esposte nel medesimo rende necessario di considerarlo ancora una volta nel suo complesso, al fine di poter penetrare esattamente nel senso della parte che concerne Eraclide Pontico. Il discorso di Gemino si aggira intorno al diverso ufficio, che le speculazioni fisiche da una parte, e le ricerche matematiche dall' altra, hanno nello studio della Natura. Secondo Gemino (il quale probabilmente qui rispecchia idee di Posidonio), « appartiene alla teoria « fisica il ricercare l' essenza, la potenza, la qualità, la gene- « razione e la corruttibilità del cielo e degli astri tutti. Invece « l' astronomia non si occupa di queste cose, ma specialmente « ricerca le figure, le grandezze e le distanze della Terra, « della Luna, del Sole; le eclissi e le congiunzioni dei corpi « celesti, le qualità e le quantità dei loro movimenti; per le « quali investigazioni le occorre l' aiuto dell' aritmetica e della « geometria. Ma sebbene il fisico e l' astronomo abbian comuni « molti oggetti di ricerca (per esempio la grandezza del Sole « e la sfericità della Terra), non seguono però la medesima « via... Quello infatti dimostra principalmente le cause e le « potenze efficienti; questo, incapace di sollevarsi alla contem- « plazione dell' essenza delle cose, si limita a dimostrarne le « circostanze esteriori ». — Gemino prende quindi l' esempio dell' anomalia nel moto del Sole, della Luna e dei pianeti; e

dice: « che col rappresentarla per mezzo di eccentrici o di « epicicli (che è il problema dell'astronomo) non è ancora « fatto tutto: ma rimane il problema del fisico: di scegliere « cioè, fra le ipotesi capaci di spiegare i movimenti, quella « che si accorda colla dottrina fisica del mondo. Quindi, essere « indifferente all'astronomo di sapere ciò che è fisso e ciò che « si muove: esser per lui plausibile ogni ipotesi che rappre- « senti bene le apparenze, *fosse anche quella indicata da Era- « clide Pontico, secondo cui l'anomalia dei pianeti rispetto al « Sole può essere spiegata col moto della Terra intorno al Sole « supposto fisso.* L'astronomo poi essere obbligato di ricorrere « al fisico per i princípi delle sue ricerche: per sapere, ad « esempio, che i movimenti degli astri sono semplici, regolar- « mente ordinati, e circolari: gli uni secondo paralleli all'equa- « tore, gli altri secondo circoli obliqui rispetto a questo ».

38. Il passo d'Eraclide, di cui il senso generale è stato indicato in caratteri italici, ha forma di citazione testuale, e secondo la diversità dei codici e delle edizioni presenta due lezioni diverse, fra le quali la scelta è assai difficile, e non senza qualche influenza sul significato storico che ne deriva. L'edizione aldina di Simplicio e la raccolta degli scoli aristotelici del Brandis (1), con le quali si accordano anche alcuni codici, hanno la seguente lezione, che ha servito di base a tutte le discussioni sino ad oggi fatte sul presente argomento: Διὸ καὶ παρελθόν τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς ἔλεγεν ὅτι καὶ κινουμένης πως τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πως, δύναται ἡ περὶ τὸν ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία σώζεσθαι. Cioè letteralmente: *E perciò si fece innanzi qualcuno, dice Eraclide Pontico, a mostrare: che anche facendo muovere la Terra in un certo modo e star fermo il Sole, è possibile spiegare l'anomalia che si manifesta relativamente al Sole.* Lasciando per ora in aperto l'interpretazione delle parole attribuite ad Eraclide, dobbiamo dapprima considerare la frase introduttiva Διὸ καὶ παρελθόν τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς ἔλεγεν ὅτι κ. τ. λ. Qui la prima difficoltà sta nell'espressione παρελθόν τις, intorno alla quale molto si è disputato. Secondo il Wyttenbach (2) essa

(1) SIMPLICII, *Commentaria in Aristotelis libros physicae auscultationis. Venetiis, in aedibus Aldi*, 1526, p. 65. — BRANDIS, *Scholia in Aristotelem, ed. Regia Academia Borussica*, p. 318.

(2) DANIELIS WYTTENBACHII, *Adnotatio ad Bakii librum de Posidonio*, presso BAKE, *Posidonii Rhodii reliquiae*, Lugd. Batav. 1810, p. 272.

includerebbe l'idea di tempo passato, ed indicherebbe quindi persona anteriore ai tempi di Eraclide, forse qualche Pitagorico. Deswert [1] crede indicato lo stesso Ecfanto, il cui nome è associato con quello di Eraclide Pontico in ciò che riguarda la rotazione della Terra. Gruppe [2] interpreta *im Vorübergehen*, in passando. Ma questo modo d'interpretazione e le conseguenze che il Gruppe ne deriva, sono state luminosamente confutate da Augusto Boeckh; il quale con una serie di luoghi paralleli [3], tratti da Tucidide, da Senofonte e da Demostene, ha provato nel modo più convincente, che qui la frase παρελθόν τις ἔλεγεν deve interpretarsi nel senso di *qualcuno si fece avanti a dire* (in una assemblea), ed è frequentemente usata per introdurre un oratore a fare il suo discorso. A questa dimostrazione Boeckh connette una sua molto ingegnosa e verisimile congettura. Eraclide, imitando Platone, usò spesso nelle sue opere la forma di dialogo, come quella che è la più propria per discutere punti controversi. Non è dunque improbabile, che discutendo in uno di tali dialoghi intorno alle ipotesi astronomiche, egli abbia introdotto a parlare un innominato nel modo che si è veduto [4]. Questo innominato crede il Boeckh che potesse essere destinato a rappresentare le opinioni di Eraclide medesimo. Cicerone, il quale aveva molto studiato gli scritti d'Eraclide, dà ad intendere in due luoghi delle sue lettere, che questi non usava nei dialoghi parlare in propria persona, ma preferiva far sostenere ad altri le proprie parti [5]. Adunque l'opinione riferita coll'ἔλεγεν non solo sarebbe citata da Eraclide, ma apparterrebbe ad Eraclide stesso.

Teodoro Bergk [6] non ammette sul παρελθόν l'opinione del Boeckh; egli suppone che il passo sia guasto, ed invece della comune lezione Διὸ καὶ παρελθόν τις, φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς, ἔλεγεν... vorrebbe leggere Διὸ καὶ προελθόν φησιν·

(1) *Dissertatio de Heraclide Pontico*, p. 176. Lovanii, 1830.

(2) *Die kosmische Systeme der Griechen*, p. 134. Berlin, 1851.

(3) *Untersuchungen ueber das kosmische System des Platon*. Berlin, 1852, pp. 137 e seguenti.

(4) Osserva del resto il Boeckh che il nome poteva benissimo esser stato dato da Eraclide, e soppresso da Gemino come poco rilevante allo scopo della citazione. *Kosm. System des Platon*, p. 140.

(5) Cicero, *ad Atticum*, XIII, 19; *ad Quintum fratrem*, III, 5.

(6) Bergk, *Fünf Abhandlungen zur Geschichte der Griechischen Philosophie und Astronomie*. Leipzig, 1883, p. 149.

Ἡρακλείδης ὁ Ποντικὸς ἔλεγεν... dove il προελθόν φησιν si riferirebbe all'autore scrivente, cioè a Gemino. Così s'interpreterebbe: *Perciò continua Gemino: Eraclide Pontico disse...* Anche questo modo d'interpretazione riferirebbe l'ἔλεγεν, non ad un innominato qualunque, ma ad Eraclide medesimo.

Questi diversi modi di considerare la cosa sono stati escogitati per dare una spiegazione plausibile della forma alquanto singolare, con cui le parole d'Eraclide vengono intercalate da Gemino nel suo discorso. Del resto, sia che si vogliano accettare le congetture di Boeckh, sia che meglio ci arrida l'emendazione di Bergk, il risultato storico sarebbe il medesimo. Ad Eraclide Pontico si dovrebbe concedere l'onore di aver per primo concepito la possibilità di spiegare certo fenomeno, facendo muovere la Terra e star fermo il Sole.

39. Non è tuttavia a dissimulare, che anche dopo questi tentativi di grandi eruditi resta sempre un certo grado di dubbio. Quello del Boeckh avrebbe il pregio di pigliare il testo quale lo danno una parte dei codici, e le vecchie edizioni; ma non toglie intieramente la singolarità del modo, con cui le parole di Eraclide vengono poste davanti al lettore. D'altra parte volendo supporre col Bergk che nel testo di Simplicio sia corso un errore, e che le parole παρελθόν τις debbano in qualche modo essere emendate, diverse supposizioni diventano possibili, fra le quali è difficile far una scelta ben fondata. Perchè, invece di sopprimere il τις puramente e semplicemente, come fa il Bergk, sarebbe per esempio da considerare, se nel παρελθόν non sia appunto nascosto il nome dell'autore dell'ipotesi riferita da Eraclide: autore, che per essere di oscura fama, Eraclide avrebbe designato col τις. O potrebbe anche il παρελθόν indicare in forma corrotta una classe di persone, a cui il τις ignoto apparteneva: come accadrebbe, se Eraclide avesse scritto παρ' ἡμίν τις, *alcuno dei nostri:* τῶν πυθαγορικῶν τις, *alcuno dei Pitagorici*, ecc. In tutte le supposizioni di questa classe Eraclide sarebbe semplice *relatore*, non *autore* della teoria che sta esposta nelle parole a lui da Gemino attribuite [1].

[1] Fra tutte queste emendazioni più o meno plausibili ve n'è una, che si presenta come abbastanza naturale, e merita una certa attenzione. Consisterebbe nel surrogare alle parole παρελθόν τις queste altre: Πλάτων, ὥς: in modo da far dire a Gemino... Λυ καὶ Πλάτων, ὡς φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ἔλεγεν ὅτι... In questo modo si potrebbe dunque far risalire a Platone l'idea di mettere il Sole immobile al centro dell'orbita terrestre;

40. Veniamo adesso all'altra lezione, che sopra (§ 38) abbiam detto esser proposta per il nostro testo. Fin dal 1882 il ch. Diels, che recentemente di nuovo pubblicò il commento di Simplicio *in Aristotelis Physicorum libros* per incarico dell'Accademia Reale di Berlino [1], e cortesemente volle prendere interesse a questi miei studi, mi avvertì per lettera, che nei migliori codici posti per base della nuova edizione manca la parola ἔλεγεν; leggendosi dunque soltanto Διὸ καὶ παρελθόν τις φησὶν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ὅτι καὶ κινουμένης τῆς γῆς κ. τ. λ. In questa nuova costruzione Eraclide Pontico sarebbe indicato direttamente come autore dell'ipotesi riferita nelle linee che vengon dopo, e cesserebbe su questo punto quel dubbio, che rimaneva adottando l'altra lezione. Ma le parole παρελθόν τις diventano allora vieppiù enigmatiche. Il senso letterale, che così si ottiene... *Perciò un tal Eraclide Pontico si fa innanzi a dire, che anche col far muovere la Terra,* etc.... è addirittura assurdo. Come ammettere infatti, che uno storico delle scienze qual fu Gemino abbia potuto scrivere quel τις e dire *un tale Eraclide Pontico* di un filosofo celebre in tutta l'antichità, che Cicerone, contemporaneo di Gemino, stimava altamente e leggeva [2], che da Plutarco era messo alla pari [3] con Aristotele, Socrate, Pitagora, Protagora, Teofrasto ed Ipparco? Non potè certamente Gemino aver ignorato la fama del Pontico; se mai è vero, che gli abbia applicato il τις, ciò non ha potuto essere che in segno di profondo disprezzo. Io non so rassegnarmi ad affermare una simile conclusione. Qui

e si otterrebbe un'interessante spiegazione dei due passi di Plutarco (*Numa*, XI: *Platon. Quaestionum*, VIII), dove si narra sull'autorità di Teofrasto (vedi sopra la nota 2 a p. 118), che Platone nei suoi ultimi anni opinasse, il luogo centrale dell'universo, come più distinto, dover essere occupato non dalla Terra, ma da qualche cosa più nobile, ἑτέρῳ τινὶ κρείττονι. La cosa più nobile sarebbe dunque, non il fuoco centrale, come parrebbe naturale di supporre, ma il Sole. Tale interpretazione si adduce qui come degna di ulteriore studio, non come base di deduzioni storiche, le quali sarebbero troppo importanti in questo caso, per affidarle a così piccolo e labile fondamento.

(1) SIMPLICII *in Aristotelis Physicorum libros edidit* HERMANNUS DIELS, *consilio et auctoritate Academiae Literarum Regiae Borussicae.* Berlino, 1882, p. 292.

(2) *Virum doctum*, lo chiama Cicerone, *De Divinatione*, I, 23; *Virum doctum in primis* nelle *Tusc. Disput.* V, 3. Vedi altresì qui sopra la nota 5, a p. 154.

(3) PLUTARCHI, *Non posse suaviter vivi secundum Epicurum*, c. 2.

più che mai si rende plausibile, anzi necessaria, l'ipotesi, che le parole παρελθόν τις siano corrotte. La supposizione più naturale sarebbe, che in esse si nasconda il titolo dell'opera di Eraclide, da cui Gemino fece il suo estratto. Ma percorrendo l'indice delle opere di Eraclide quale ci fu trasmesso da Diogene Laerzio nella sua biografia di questo filosofo, sembra difficile additare un titolo, che possa convenientemente surrogarsi in questo luogo, senza supporre troppo radicali cambiamenti. È vero però, che il catalogo di Diogene non è completo; ed è possibile, che ad un'opera ivi non registrata appartenga appunto tutto quello che si sa dell'astronomia di Eraclide Pontico.

Inoltre potrebbe anche darsi, che invece del titolo dell'opera in quel luogo si contenesse qualche altra indicazione concernente il passo estratto, o diretta forse anche a determinarne meglio il senso. Tale sarebbe per esempio il caso, se invece di παρελθόν τις, Gemino avesse scritto περὶ τούτων, riferendosi ai cinque pianeti nominati nella frase che immediatamente precede [1]; e dei quali esclusivamente si tratta nel passo di Eraclide, come più sotto si vedrà.

11. Qualunque sia la decisione alla quale vogliamo appigliarci riguardo a questa ed alle precedenti questioni, nulla si muterà al risultato essenziale della nostra ricerca: solo rimane il dubbio, se veramente al Eraclide o ad un altro suo anteriore o contemporaneo sia da attribuire l'onore di essere stato fra gli antichi il primo a concepire l'idea del movimento della Terra e della quiete del Sole. Ed in questo dubbio noi ci rassegneremo a rimanere per ora. Ma a controversie ben più gravi ha dato luogo l'interpretazione delle parole ἡ περὶ τὸν ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία, esprimenti la natura del fenomeno che si tratta di *salvare*, cioè di rappresentare, facendo muover la Terra in un certo modo, e star fermo il Sole. Il Wyttenbach [2], e il Deswert [3], seguiti poscia dal Gruppe [4], nel moto qui accennato della Terra non vedono altro che la rotazione di essa, ammessa come cosa di fatto da Eraclide Pontico [5]. Se

(1) Vedi l'Appendice, dove si può studiare la connessione di questo passo con quello che precede e con quello che segue.

(2) Posidonii Rhodii, *Reliquiae*: ed. Janus Bake, p. 212.

(3) *Dissertatio de Heraclide Pontico*, p. 176.

(4) *Die kosmische Systeme der Griechen*, p. 134.

(5) Vedi in principio l'esposizione del sistema di Eraclide.

infatti a questa rotazione si congiunga la quiete del Sole, si avrà una spiegazione sufficiente (se non completa) [1] del corso apparente diurno del Sole. Una simile interpretazione, singolare a dirsi, è pure stata accettata dal Boeckh [2], il quale cerca di appoggiarla con certe sue sottili e dotte riflessioni. Ma nessun ragionamento potrà persuaderci, che Eraclide Pontico abbia designato il corso apparente diurno del Sole col nome di περὶ τὸν ἡλιον ἀνωμαλια. Allora, come adesso, *anomalia* nel senso astronomico significava *ineguaglianza, difetto d'uniformità;* invece il moto diurno del Sole era considerato come di uniformità assoluta; e tale certamente supponeva Eraclide che fosse il moto rotatorio della Terra.

42. Il Bergk [3] non ha accettato questo modo di vedere, e con ragione. Per lui l'anomalia di Eraclide *appartiene al Sole*, e deve riferirsi al moto di questo lungo l'eclittica; il quale si sa essere ora più ora meno veloce, ed è quello a cui si deve l'ineguale durata delle quattro stagioni, già scoperta cent'anni prima da Eutemone. Eudosso non l'avea voluta ammettere; ma Callippo, contemporaneo di Eraclide, la confermò con osservazioni molto più esatte di quelle di Eutemone, ed anche aggiunse due sfere alle sfere omocentriche solari di Eudosso, per renderne ragione [4]. Quest'idea, che già prima del Bergk aveva adottata H. Martin, seduce a primo aspetto, e la supposizione che si tratti di un'anomalia propria al corso del Sole, può sembrare a molti la più semplice e la più naturale. Nè dal punto di vista storico esiste alcun motivo di negare, che di tale anomalia qualche notizia potesse essere giunta anche ad Eraclide Pontico, sebbene in generale di simili minuzie si curassero più i matematici che i filosofi, e l'esempio di Eudosso potesse anche trattenere questi ultimi dall'approvare una tale novità. — Ciò che rende inaccettabile l'interpretazione è, che con essa dalle parole di Eraclide non si può ricavare senso plausibile alcuno, se dal puro significato grammaticale delle parole si voglia passare al fatto astronomico, che quelle parole sono destinate ad esprimere. Non occorre

(1) Non completa, perchè la rotazione diurna apparente del Sole non segue sempre un parallelo celeste, a causa del moto in declinazione.

(2) *Ueber das kosmische System des Platon*, pp. 135-140.

(3) *Fünf Abhandlungen*, etc., p. 151.

(4) Vedi per questo le mie *Sfere omocentriche d'Eudosso*, ecc., pp. 82-84 del presente tomo.

infatti grande discorso per far intendere, che il problema di spiegare l'anomalia del moto solare apparente offre appunto le stesse difficoltà, anzi è proprio il medesimo, sia facendo girare il Sole intorno alla Terra, sia facendo girare la Terra intorno al Sole; il sostituire una considerazione all'altra non avanza la questione d'un punto, e non spiega nulla. Occorre assolutamente introdurre un'altra ipotesi.

43. Ciò ha bene veduto H. Martin: il quale nella sua esposizione del sistema di Eraclide Pontico [1], dopo di aver adottato in massima sul παρελθόν τις le congetture del Boeckh, interpreta le parole περὶ τὸν ἥλιον φαινομένη ἀνωμαλία nel senso adottato dal Bergk, cioè di anomalia del moto solare; ma sul modo con cui di una tale anomalia fosse possibile dare una spiegazione κινουμένης πως τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πως, ha esposto una sua interpretazione, che mi sembra far violenza al senso più ovvio e più naturale di queste parole. Esse sono da lui così tradotte: *la Terre se mouvant d'une certaine façon, et le Soleil étant en repos d'une certaine façon.* Martin ferma specialmente la sua considerazione sulla frase *le Soleil étant en repos d'une certaine façon:* e ne conclude, non trattarsi qui di mettere il Sole in assoluta quiete, ma solo *di toglierglì alcuno dei suoi movimenti.* — « que s'agit-il d'ex-« pliquer? Ce n'est pas la *vitesse moyenne* du mouvement « annuel du soleil, mais c'est, comme Héraclide le dit, l'*ano-« malie* de ce mouvement. La vitesse moyenne est expliquée « d'avance par la révolution annuelle, circulaire et uniforme, « que Platon, Eudoxe, Callippe, Aristote et Héraclide lui même « attribuaient au soleil, d'occident en orient. Quant à l'*ano-« malie*, nous avons vu que Callippe l'expliquait en donnant « au soleil deux sphères motrices de plus que n'avait fait « Eudoxe; mais l'anonyme, qu'Héraclide a sans doute pris « pour son représentant dans ce dialogue [2], dit qu'on peut « *aussi* retirer au soleil ce petit mouvement seulement, comme « l'expriment les mots μένοντός πως, et donner *à la terre* un « petit mouvement annuel capable d'expliquer l'*anomalie* appa-« rente du soleil. Évidemment une rotation de la terre ne « pouvait pas rendre compte de ce phénomène solaire. Ainsi

(1) *Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, tome XXX, 2e partie.

(2) Vedi su ciò la testimonianza di Cicerone nella nota 5, a p. 154.

« ce n'était pas d'une rotation qu'il s'agissait: il fallait que « le mouvement attribué à la terre à cette intention fût un « mouvement de translation sur la circonférence d'un cercle, « et que, pour les habitants de la terre, mise ainsi en mou- « vement, l'anomalie solaire apparente fût l'effet d'une *paral-* « *laxe*, non pas *diurne*, mais *annuelle*, et dépendant du rayon « d'une orbite qu'on supposait parcourue par la terre en un « an. Cette hypothèse accessoire pouvait s'adapter, soit à « l'hypothèse principale d'Héraclide, qui donnait à la Terre « une rotation diurne, soit aux hypothèses qui. pour expliquer « la succession des jours et des nuits, donnaient au ciel entier « un mouvement diurne autour de la terre immobile. Avec « ou sans rotation diurne, la terre pouvait être supposée « accomplir, sur la circonférence d'une petite orbite tracée « autour du centre du monde, une révolution annuelle, avec « une vitesse uniforme d'orient en occident, tandis que le « soleil accomplissait, d'occident en orient, sa révolution « annuelle uniforme autour de ce même centre dans une « grande orbite enveloppant celle de la terre. Dans cette « hypothèse, qui est la seule à la quelle puissent s'appliquer « les expressions employées dans la phrase d'Héraclide, que « devait-il arriver? Pendant que la revolution annuelle, cir- « culaire et uniforme du soleil, d'occident en orient, produisait « le phénomène du *mouvement moyen* de cet astre, la révolution « annuelle, circulaire et uniforme de la terre autour de sa « petite orbite, concentrique à celle du soleil, devait produire, « pour les habitants de la terre, le phénomène de la *variation* « *de vitesse* de ce même astre; car, par un effet de parallaxe « facile à concevoir, cette révolution de la terre devait pro- « duire, pour ses habitants, pendant une demi-révolution une « *accélération apparente* du mouvement du soleil d'occident en « orient, et pendant l'autre demi-révolution un *ralentissement* « *apparent* de ce même mouvement, supposé uniforme. Ainsi, « pourvu que le rapport entre les rayons des orbites concen- « triques du soleil et de la terre fut convenablement établi, « et que les époques des passages de la terre au périhélie et « à l'aphélie de sa petite orbite fussent placées aux saisons « convenables, cette hypothèse pouvait fournir une représen- « tation passable des phénomènes particuliers qu'elle était « destinée à expliquer isolément; c'est-à-dire que, suivant « l'expression d'Héraclide, l'anomalie du soleil était *sauvée*

« par ce petit mouvement de translation donné à la terre, « comme elle aurait pu être *sauvée* sans cela par un petit « mouvement qu'on aurait ajouté au mouvement principal du « soleil ».

44. Fin qui H. Martin. Ma contro questa elaborata spiegazione si elevano insuperabili difficoltà. In primo luogo chi potrà ammettere, che l'operazione del togliere al Sole la sua piccola anomalia di periodo annuale, si possa esprimere dicendo che il Sole è messo *en repos d'une certaine façon?* Del moversi infiniti sono i modi: *un solo è il modo di riposare e di essere immobile.* Quando Eraclide dice di supporre fermo il Sole, bisogna credere lo supponga fermo in modo tale, da non lasciarlo muovere nè in questo, nè in quel modo. La ripetizione della particella πος dopo il μένοντος è un pleonasmo aggiunto per arrotondare la frase, e darle maggior efficacia; così l'hanno intesa il Wyttenbach, il Boeckh ed il Bergk, i quali si son contentati di fermare il Sole assolutamente e semplicemente, e così dobbiamo fare anche noi.

In secondo luogo pare una singolar contraddizione, che del Sole, il quale percorre un vasto circolo nell'ipotesi del Martin, si dica che sta *in riposo*, mentre della Terra, che ne percorre uno tanto più piccolo (24 volte più piccolo calcolando su i dati d'Ipparco), si dice che *si muove*.

Una terza difficoltà sta in questo, che secondo la detta ipotesi non solamente il Sole, ma anche la Terra circola intorno al centro dell'universo, dove *nulla esiste*. Nulla al centro dell'universo! Era la più grande assurdità che in quel tempo potesse concepirsi dalla mente di un fisico; nè, per quanto mi è noto, alcuno mai la propose dei filosofi e cosmologi antichi, nè prima di Eraclide, nè poi. V'ha di più: all'epoca d'Eraclide nessuno era giunto al concetto di far girare un astro qualunque (e la Terra meno ancora) intorno ad un punto geometrico privo di naturale contrassegno; tale concetto doveva da un fisico esser riputato impossibile, e non se ne trova infatti nè allora, nè prima alcun vestigio, per quanto mi è noto. Come già si ebbe occasione di accennare, il moto negli eccentri e negli epicicli considerati come pura forma astratta d'ipotesi geometrica non fu inventato che più tardi, e non se ne ha menzione prima di Apollonio.

Da ultimo si permetta ad un matematico di osservare, che l'ipotesi attribuita dal Martin ad Eraclide, come capace di

salvare l'anomalia periodica *annuale* del Sole, non può raggiungere questo effetto in alcun modo. Infatti è agevole persuadersi, che in tale ipotesi il periodo della restituzione d'anomalia, invece che d'un anno, è di soli sei mesi; che le stagioni non saranno già tutte disuguali fra loro, quali le avevano osservate Eutemone e Callippo [1]; ma che l'estate sarà sempre eguale in durata all'inverno, e l'autunno alla primavera.

45. Per queste ragioni essendo impossibile accogliere tutte le idee proposte dal Martin, vediamo almeno se si possa salvare, la parte accettabile delle medesime; vediamo cioè se, ravvisando sempre nella περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία l'irregolarità del corso solare scoperta da Eutemone, sia possibile conservare alle parole di Eraclide Pontico un senso ragionevole. Abbiamo mostrato che colle parole τοῦ ἡλίου μένοντος Eraclide non ha potuto intendere altro che la quiete assoluta del Sole, escludendo qualsiasi specie di moto. Posta questa base inconcussa e supposto che nella Terra si debba ammettere, come è detto chiaramente, un qualche moto; questo dovrà soddisfare alle condizioni universalmente ammesse in tutte le ipotesi astronomiche dell'antichità fino a Tolomeo; cioè non potrà essere altro che un moto circolare uniforme, od un composto di moti circolari uniformi. Con un moto circolare uniforme si spiegherebbe il corso uniforme annuo del Sole lungo lo Zodiaco quale lo ammetteva ancora Eudosso, e molto probabilmente anche Platone; ma nulla si spiegherebbe dell'anomalia. Dunque o siamo costretti a supporre che il moto della Terra si faccia uniformemente sopra un circolo eccentrico rispetto al Sole, o dobbiamo ricorrere ad un epiciclo, adottando così una delle due ipotesi studiate da Ipparco; colla differenza però, che nel caso presente le parti sono rovesciate, il Sole essendo supposto fisso, e la Terra girante intorno ad esso nell'eccentro o nell'epiciclo. Ora questa che cos'altro sarebbe se non la base fondamentale dell'ipotesi copernicana? La quale dunque anche in questo modo dovremmo trovare nelle parole di Eraclide. Non è tuttavia a dissimulare, che contro l'ipotesi così ottenuta, sorge la consueta difficoltà di attribuire ad Eraclide il concetto della circolazione degli astri intorno a punti ideali; difficoltà

[1] I particolari concernenti le durate delle stagioni secondo Eutemone e Callippo possono vedersi nelle mie *Sfere omocentriche d' Eudosso*, ecc., p. 83 del presente tomo.

che a me pare gravissima (§§ 3, 10). Che se ad alcuno tale difficoltà non sembrasse insuperabile, per lui la conclusione ultima finirebbe coll'essere la medesima, a cui si arriva nella presente memoria per via molto diversa.

46. Considerando infatti, essere incertissimo che Eraclide Pontico conoscesse ed approvasse la piccola anomalia del corso solare, eviteremo tutte le precedenti difficolta e contraddizioni notando che il discorso immediatamente precedente di Gemino versa sui pianeti, e forse ancora un'allusione ai medesimi è contenuta nell'enigmatico παρελθόν τι (¹); onde risulta naturale che ai pianeti pure debba riferirsi l'estratto, che subito vien dopo, di Eraclide Pontico. Per noi dunque l'*anomalia relativa al Sole*, περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία, a cui qui si accenna, è quella che Tolomeo ed Ipparco nell'Almagesto sogliono denominare talvolta ἡ πρὸς τὸν ἥλιον ἀνωμαλία, tal'altra ἡ παρὰ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία (²): cioè quella grande ineguaglianza dei moti planetari apparenti, che sola era conosciuta ai tempi di Eraclide Pontico, e che si manifesta principalmente colle stazioni e colle retrogradazioni. Questa anomalia si produce simmetricamente nelle identiche distanze apparenti od elongazioni di un pianeta dal Sole, a destra e a sinistra di esso: onde l'espressione περὶ τὸν ἥλιον si trova perfettamente giustificata, mentre Ipparco e Tolomeo, considerando la relazione di essa col Sole in modo più generale, preferirono di dire παρὰ τὸν ἥλιον o πρὸς τὸν ἥλιον. — Ne concludiamo, che ai tempi di Alessandro Macedone, se non forse qualche anno prima, la possibilità di spiegare le ambagi dei movimenti planetari per mezzo del moto della Terra intorno al Sole supposto fisso era già conosciuta da quel medesimo Eraclide Pontico, che ammetteva la rotazione diurna della Terra, ed il moto eliocentrico di Mercurio e di Venere; e forse fu da lui non solo conosciuta, ma anche da lui stesso scoperta. In tal modo le tre opinioni a lui attribuite, della rotazione della Terra, del moto di Mercurio e di Venere intorno al Sole, e della possibilità di spiegare le anomalie planetarie col moto eliocentrico della Terra.

(¹) Vedi l'ultima variante nel § 40.

(²) Pel primo modo di designazione (πρὸς τὸν ἥλιον) vedi *Almag.* IX, 2 e X, 6. (Halma, vol. II, pp. 117, 118, 211). Pel secondo modo (παρὰ τὸν ἥλιον) vedi *Almag.* XII, 1. (Halma, II, pp. 312 e 313). In un altro luogo si ha invece l'uno e l'altro modo combinati insieme: παρὰ τοὺς πρὸς τὸν ἥλιον σχηματισμούς: *Almag.* IV, 5. (Halma, II, p. 156).

non apparirebbero più come isolate, ma si presenterebbero come parti integranti ed armoniche di un medesimo sistema; la cui invenzione basterebbe a classificare Eraclide Pontico fra i più grandi e più conseguenti pensatori di tutti i tempi e di tutti i paesi.

47. L'unica difficoltà che qui alcuno potrebbe opporre consiste in questo: che i pianeti non sono nominati esplicitamente nelle parole attribuite ad Eraclide. Su tale riguardo bisogna osservare il modo speciale con cui egli introduce in scena il moto della Terra, e la quiete del Sole. Egli dice ὅτι καὶ κινουμένης πως τῆς γῆς, τοῦ δ' ἡλίου μένοντός πως κ. τ. λ.... *che* ANCHE *facendo muovere la Terra in un certo modo*... Dove per spiegare l'addizione della parola *anche* bisogna supporre, che nel discorso antecedente Eraclide avesse già parlato di un *altro* modo di spiegare il medesimo fenomeno (probabilmente del modo di Eudosso od anche del sistema detto oggi di Ticone). La natura di questo fenomeno doveva quindi già chiaramente risultare dal discorso anteriore; e non era necessario ad Eraclide dirne più di quanto ha detto. La nostra disgrazia è, che Gemino sia stato così parco nella sua citazione, e non ci abbia posto innanzi tanta parte del discorso di Eraclide, quanta occorreva al nostro bisogno. Ma certamente egli credette aver provveduto abbastanza alla chiarezza del discorso col nominare i pianeti nella linea che immediatamente precede la citazione da lui fatta d'Eraclide Pontico; mentre tre altre linee più sopra accenna per conto proprio all'anomalia loro, indicando che se ne può render ragione cogli eccentri e cogli epicicli, ed aggiunge, che di tutte le ipotesi capaci di spiegarla bisogna tener conto, anche di quella riferita da Eraclide. Veggasi tutto il discorso nel suo complesso, quale testualmente è riferito nella appendice al fine di questa memoria. — Del resto è palese, che l'obbiezione indicata non avrebbe più ragione di essere, quando realmente nella frase enigmatica παρελθών τις si contenesse un'allusione ai pianeti, e si avesse a leggere invece περὶ τούτων o alcunché di simile, siccome è stato indicato nel § 40.

48. Dopo tutta questa discussione non mi sembra più possibile dubitare, che nelle parole di Eraclide sia contenuta l'idea fondamentale di Copernico, e questa non solo, ma anche la ragione per cui essa potè presentarsi come plausibile a quegli antichi pensatori; la facilità cioè con cui essa dà conto

della principale anomalia dei movimenti planetari. Perchè poi Eraclide l'abbia considerata soltanto come plausibile e non abbia voluto adottarla definitivamente, a noi non è più possibile di sapere, in tanta povertà di notizie su tutto quello che lo riguarda. Una questione tuttavia non sarà inutile esaminare alla luce delle nuove nozioni acquistate. Eraclide poneva il Sole nel centro dei movimenti di Mercurio e di Venere: aveva egli esteso o no tale teoria ai pianeti superiori?

Di tal questione si è occupato F. Hultsch in una sua recente memoria sulle idee astronomiche di Eraclide Pontico [1], e l'ha risoluta negativamente, esprimendo l'opinione che per Eraclide centro del moto dei pianeti superiori fosse ancora, come per Platone, la Terra. Egli appoggia tale opinione dicendo, che in quel tempo già per Marte (a non parlare di Giove e di Saturno) dovea esser molto difficile agli astronomi greci l'avvedersi che la sua circolazione si fa, non intorno alla Terra, ma intorno al Sole. Ma su questo punto abbiamo la positiva attestazione di Eudemo, trasmessaci da Simplicio [2], da cui appare, che appunto le grandi variazioni della distanza di Marte dalla Terra, dedotte dalle variazioni del suo splendore apparente, costituivano già in quel tempo un argomento riputato invincibile contro il sistema delle sfere omocentriche.

49. Del resto, non solamente le variazioni delle distanze dei pianeti si trattava di spiegare: c'era anche l'anomalia principale, ἡ περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία, di cui Eraclide Pontico ben conosceva l'esistenza e sapeva potersi render conto colla costruzione che oggi si chiama sistema di Copernico. Ora a questa cognizione non si potè arrivare in quel tempo se non passando per l'altra costruzione, che oggi chiamiamo sistema di Ticone: dove il Sole, pur aggirandosi intorno alla Terra, è tuttavia centro di tutte e cinque le orbite dei minori pianeti. Eraclide pertanto non poteva ignorare che anche quest'altra costruzione bastava a spiegare la περὶ τὸν ἥλιον ἀνωμαλία. Non pare credibile, che essendo in possesso di questa nozione, ne respingesse volontariamente l'applicazione ai pianeti superiori, limitandosi a riconoscerla per i due inferiori; e si contentasse, per i superiori, dello schema informe di Platone. Io credo anzi

(1) F. Hultsch, *Das astronomische System des Herakleides von Pontos*, Neue Jahrbücher für Philologie, etc., 1896, Parte I, p. 306.

(2) Vedi *Sfere omocentriche d'Eudosso*. Appendice II, § 14.

probabile che il sistema di Eraclide Pontico fosse semplicemente quello di Ticone; anzi più perfetto che quello di Ticone in ciò, che Eraclide ammetteva la rotazione della Terra, mentre Ticone la respingeva.

50. La sola obbiezione che si possa fare a tal modo di vedere è, che degli scrittori, i quali ci hanno trasmesso qualche cenno del sistema di Eraclide (1) nessuno fa parola della applicazione del moto eliocentrico ai pianeti superiori; anzi Calcidio parla soltanto di Venere, e tace di Mercurio. Io farò osservare che nel sistema ticonico le orbite dei pianeti superiori avviluppano la Terra come in qualsiasi altro sistema geocentrico. Che poi i circoli da loro descritti fossero eccentrici, era una nozione già troppo speciale perchè scrittori di quel genere avessero a farsene carico. Il solo Adrasto avrebbe potuto trovar opportuno di esporre le cose con qualche precisione. Ed infatti egli non tace dell'ipotesi degli eccentri mobili, che i pianeti superiori descrivono nel sistema ticonico; soltanto lo fa in modo confuso e disordinato, e sembra che egli stesso non ne avesse notizia precisa e completa. Inoltre il suo compendio di astronomia non ci pervenne intiero, ma in molti luoghi mutilato da Teone Smirneo. Ambidue poi, Adrasto e Teone, potevano avere le loro buone ragioni per non far conto alcuno delle ipotesi eraclidee circa i pianeti superiori. L'uno e l'altro erano fautori dell'ipotesi delle sfere cave concentriche all'universo, portanti nella loro grossezza una sferetta solida destinata a funzionare come epiciclo. Ora se per i due pianeti inferiori il sistema ticonico può adattarsi benissimo all'ipotesi suddetta, come Teone dimostra sulla falsariga di Adrasto (2); lo stesso non si può dire dei tre superiori, per i quali tale adattamento è impossibile. Infatti nel sistema ticonico possono due pianeti diversi arrivare alla medesima distanza dalla Terra;

(1) Questi scrittori sono: VITRUVIO, *De Architectura*, IX, 4; TEONE SMIRNEO, *De Astronomia*, ed. Martin, pp. 296 e 297; MACROBIO, *Comm. in Somn. Scip.* I, 19; MARZIANO CAPELLA, *De nuptiis Philol. et Mercurii*, lib. VIII; CALCIDIO, *Comm. in Timaeum Platonis*, c. 109. Inoltre in un passo di PLUTARCO, *De animae procreatione in Timaeo*, c. 32, si mettono il Sole, Mercurio e Venere alla medesima distanza dalla Terra; nel che potrebbesi forse scorgere un'allusione al sistema d'Eraclide Pontico. Una più tardiva allusione si trova presso BEDA, *Elem. Philos.* nelle opere di questo scrittore stampate a Colonia, 1612, vol. II, p. 216.

(2) *Astronomia*, ed. Martin, pp. 296-299.

e questo può avvenire per Marte e per Venere, per Marte e per Mercurio, per Marte e pel Sole. Da ciò segue, che la sfera cava, in cui secondo Teone ed Adrasto son contenuti i globi (od epicicli) del Sole, di Mercurio e di Venere, parzialmente viene a compenetrarsi con la sfera cava di Marte. Tale impossibilità di adattare l'ipotesi di Eraclide Pontico alla teoria delle sfere solide fu probabilmente uno degli ostacoli, che già di buon'ora soffocarono l'idea di desumere dagli eccentri mobili centrati sul Sole la spiegazione delle anomalie per i pianeti superiori.

VII. IL SISTEMA PLANETARIO ELIOCENTRICO CONSIDERATO COME IPOTESI FISICA PROBABILE.

51. Eraclide Pontico sembra finisse la sua carriera press'a poco nel tempo medesimo che Aristotele, ad ogni modo intorno al 320. L'indipendenza e l'originalità delle sue opinioni, che gli avevano procurato il titolo di παραδοξολόγος [1] non erano proprie ad assicurargli gran credito presso le due scuole dominanti allora in Grecia, quella dei Platonici e quella dei Peripatetici; il Pitagorismo, come scuola filosofica, si andava riducendo al nulla [2]. Eraclide stesso non potè o non volle essere caposcuola; di lui non si sa che lasciasse alcun discepolo, o almeno alcun rappresentante delle sue dottrine [3]. Queste adun-

[1] Vedi Diogene Laerzio nella vita d'Eraclide. Di questi *paradossi* abbiamo avuto un saggio sufficiente per giudicare delle calunnie, che su di lui furono a gara accumulate. Uno spirito così indipendente, che non consentiva di arrolarsi sotto nessuna delle bandiere filosofiche allora più corteggiate, poteva facilmente dare argomento ad ogni specie di aneddoti burleschi, specialmente poi se, come sembra, fosse inclinato verso tutto ciò che a lui si presentava d'insolito e di meraviglioso. Noi dobbiamo attenerci, per quanto concerne il valore scientifico di Eraclide, a quel poco che ne danno Simplicio, Proclo, Calcidio, Plutarco e i doxografi; e lasciar da parte le dicerie dei grammatici. Non è possibile che Platone si compiacesse della società di un mattoide, quale alcuno vorrebbe farci credere fosse Eraclide; e che affidasse ad un tal uomo la direzione della scuola durante uno dei suoi viaggi in Sicilia, secondo che narra Suida. Un giudizio autorevole e ben ponderato su Eraclide si può vedere presso Borckh, *Kosm. Syst. des Platon*, pp. 129-131.

[2] Vedi più sopra le note 1 a pp. 146-147 e 1 a p. 148.

[3] Deswert, *Diss. de Heraclide Pontico*, p. 15.

que non vissero che ne' suoi libri, i quali tutti senza eccezione andarono perduti. Non è certo neppure che egli facesse una esposizione accurata, e confortata da prove geometriche, delle ipotesi cosmiche da lui approvate, od anche solamente riconosciute come possibili. E sembra che soltanto mezzo secolo più tardi di queste ipotesi cominciasse ad occuparsi il gran matematico ed astronomo Aristarco di Samo, la cui vita possiamo collocare approssimativamente fra gli anni 310 e 240.

52. Archimede attesta nell'*Arenario*, che Aristarco τινῶν ὑποθέσιων ἐξέδωκεν γραφάς, *pubblicò la descrizione di certe ipotesi*. In queste ipotesi, dal poco che Archimede ne dice, è impossibile non ravvisare il sistema di Copernico. La parola γραφή qui usata sembra significare non solo una descrizione a parole, ma includere anche l'idea di *disegni esplicativi* (1). Difatti se Aristarco ha dato, come è indubitabile, una dimostrazione geometrica di quelle ipotesi, ed ha intrapreso di provare che esse erano atte a spiegare i fenomeni, non ha potuto far a meno di analizzare tutti i gradi, che dai fatti osservati conducono al risultato definitivo da lui ottenuto, cioè al sistema planetario eliocentrico. Perciò non dovettero essergli ignote le costruzioni di Eraclide Pontico, sia che ad esse ei pervenisse coll'intuizione del genio, sia, com'è più probabile, che ne avesse notizia dalle opere, allora recenti e celebrate, di Eraclide stesso. Nè dovettero essergli sconosciuti i ragionamenti, per cui alle idee di Eraclide si era condotti dallo studio accurato del movimento dei pianeti. La connessione che esiste fra il moto così semplice dei pianeti rispetto al Sole e il moto più complicato dei medesimi rispetto alla Terra; il modo, con cui da entrambi derivavano le apparenze osservate: tutto questo doveva esser dimostrato da Aristarco, e ciò si poteva far ottimamente col mezzo di disegni accurati, in cui fossero serbate le proporzioni nelle grandezze delle orbite e nella loro reciproca collocazione (2). Nè solo le proporzioni e le giaciture;

(1) In questa idea mi è gradito trovarmi d'accordo con F. Hultsch. Vedi la sua notizia su Aristarco nella *Real-Encyclopädie* di Pauly-Wissowa. Adotto la lezione data nell'eccellente edizione di Archimede nuovamente pubblicata da Heiberg.

(2) È noto che nei sistemi di Copernico e di Ticone la proporzione delle grandezze delle orbite e delle distanze dei corpi planetari risulta determinata dalla costruzione loro: così che data una di tali grandezze e di tali distanze, tutto è conosciuto. Nel sistema degli epicicli le dimensioni e le

ma anche la grandezza del tutto egli era in grado di assegnare ponendo a fondamento le distanze della Luna e del Sole da lui precedentemente studiate.

53. Purtroppo di questa opera, che per la storia scientifica sarebbe d'un valore inestimabile, non è restata che la menzione fattane da Archimede, come si disse poc'anzi; a cui sono da aggiungere i brevi cenni, che delle ipotesi in essa opera contenute ha lasciato Archimede stesso, e gli altri cenni ancora più brevi di alcuni antichi scrittori. Tutto questo è noto, e non occorre ripetere qui come Aristarco si rendesse esatta ragione delle conseguenze del suo sistema e delle obiezioni che gli si potevano muovere (1). Stando alle parole di Archimede, Aristarco avrebbe supposto l'orbita della Terra non soltanto circolare, ma ancora esattamente centrata sul Sole: ἰὰν δὲ γᾶν περιφέρεσθαι περὶ τὸν ἅλιον κατα κυκλου περιφέρειαν, ὃς εστιν ἐν μεσῳ τῷ δρόμῳ κείμενος... Ne potremmo con qualche verisimiglianza inferire, che Aristarco, al pari di Eudosso, non includesse nelle sue ipotesi l'anomalia del corso solare scoperta da Eutemone e confermata da Callippo. Questa conclusione, se vera, ci darebbe anche un argomento di più per credere, che di essa non si curasse neppure Eraclide Pontico (2). Ma di ciò sia quello che si vuole.

54. Un'altra cosa sarà anche opportuno notare; ed è che Aristarco ha potuto arrivare al suo concetto eliocentrico senza mai dipartirsi dai principi fisici allora ritenuti come plausibili in questa materia, e senza introdurre nel cielo alcuna circolazione intorno a punti ideali e privi di fisico contrassegno, come fecero più tardi gli astronomi matematici da Apollonio in avanti. Ma Aristarco non era solo un matematico; egli altresì aveva atteso alla parte fisica di tali questioni, frequentando le lezioni di Stratone Lampsaceno, cui fu dato il nome speciale di *fisico*, perchè della fisica faceva la base principale del suo insegnamento (3).

di danze di un pianeta sono indipendenti da quelle degli altri, e quindi le proporzioni dell'intiero sistema rimangono indeterminate.

(1) Vedi su ciò i miei *Precursori di Copernico*, capo IV, e Documenti XLI-XLV.

(2) Queste riflessioni non avrebbero più luogo se con Berok (*Fünf Abhandlungen*, p. 162) si volesse leggere ἐν μέσῳ τῷ οὐρανῷ invece del testo ricevuto ἐν μέσῳ τῷ δρόμῳ. Confesso però di non vedere alcuna necessità di una simil correzione.

(3) Zeller, *Philosophie der Griechen*, vol. IV (3ª ed.), pp. 903-904.

Tale ripugnanza ad ammettere circolazioni dei corpi celesti intorno a punti ideali fu una delle cause che accelerarono l'avvento dell'idea copernicana. Infatti, posta una volta la condizione impreteribile che un astro non potesse circolare che intorno alla Terra, od intorno ad un altro astro, due ipotesi soltanto rimanevano capaci di soddisfare all'anomalia dei pianeti con movimenti circolari ed uniformi; e sono l'ipotesi ticonica per chi vuol fissa la Terra, e l'ipotesi copernicana, se si consente alla Terra di muoversi come un astro qualsiasi. Perciò arriviamo a questa conseguenza singolare, ma pur vera: che se i matematici greci, colle loro forme astratte di movimento per eccentri ed epicicli intorno a punti ideali non fossero intervenuti nella questione e l'avessero lasciata alla pura speculazione dei fisici, i Greci non avrebbero avuto da scegliere, che fra l'ipotesi di Ticone e quella di Copernico, o se si vuole, fra quella di Eraclide e quella di Aristarco; e quindi forse più presto sarebbero giunti alla verità. L'introduzione degli eccentri e degli epicicli centrati su punti ideali non giovò ad altro sulle prime, che a soffocare appena nate le vere idee sulla struttura dell'universo. Gli epicicli d'Apollonio e dei suoi successori si adattavano troppo bene a conciliare i fenomeni coi pregiudizi correnti nelle scuole, e della libertà che ne derivava fu fatto largo uso a danno della verità. Cessa così la meraviglia, che in noi destava il fenomeno in apparenza inesplicabile del regresso avvenuto dopo Aristarco nelle idee dei Greci sul sistema del mondo. Le idee di Aristarco vissero ancora per qualche tempo in discepoli a noi ignoti; e quantunque il suo nome fosse in tutta l'antichità celebratissimo, le sue dottrine furono ricordate soltanto come opinioni bizzarre e singolari, facili ad essere confutate con argomenti allora in apparenza invincibili, e di cui soltanto diciannove secoli dopo si cominciò ad apprezzare giustamente la totale insufficienza.

VIII. RIASSUNTO DELLE CONCLUSIONI PRINCIPALI.

55. I risultati ottenuti nei capitoli che precedono si possono ordinatamente e brevemente riassumere nel modo che segue:

I. – Nelle più antiche loro costruzioni del sistema cosmico, i Greci partirono dall'idea che tutte le circolazioni dei corpi celesti dovessero farsi simmetricamente intorno ad un unico

centro, coincidente col centro dell' universo. Tale è il concetto che domina nel sistema di Filolao, nei due schemi esposti da Platone nel X *della Repubblica* e nel *Timeo*, e che forma la base fondamentale delle sfere omocentriche di Eudosso.

II. – L' idea d' introdurre una circolazione parziale di alcuni astri intorno ad un centro diverso da quello del mondo non fu prodotto di speculazione teoretica, ma fu risultato diretto dell' osservazione. Lo studio dei movimenti di Mercurio e di Venere, e delle variazioni del loro splendore apparente condusse Eraclide Pontico a porre nel Sole, e non nella Terra, il centro delle loro orbite. Con questo egli ottenne non solo il modo di rappresentare le anomalie del loro corso zodiacale molto più semplicemente ed esattamente che ad Eudosso non fosse riuscito di fare colle sfere omocentriche; ma giunse fino ad un certo punto a spiegare le variazioni nella loro distanza. Questa fu la prima forma, sotto cui fu concepita l' ipotesi del moto di un astro su di un *epiciclo* mosso alla sua volta sopra di un deferente concentrico colla Terra.

III. – Le grandi variazioni dello splendore apparente di Marte avevano reso in ogni tempo assai difficile l' ammettere, che nella Terra fosse il centro della sua circolazione. Nè di queste variazioni, nè delle anomalie del corso zodiacale di Marte, Eudosso aveva potuto dare una spiegazione anche soltanto approssimata. L'esame delle osservazioni di questo pianeta fece vedere, che se esso descriveva un circolo, questo non poteva esser centrato sulla Terra, ma doveva aver il centro in qualche punto della linea che dalla Terra passa per il Sole. Esclusa l' idea (che dovette allora sembrare, ed era infatti assurda) di far centro dell' orbe di Marte un punto ideale privo d' ogni fisica entità, si vide che questo centro non poteva essere altrove che nel Sole, come già nel Sole era il centro delle orbite di Mercurio e di Venere. Così nacque il pensiero di far muovere l' astro su di un eccentro mobile, di cui il centro, collocato costantemente nel Sole, descriveva con questo intorno alla Terra una rivoluzione nello spazio di un anno.

IV. – L' ipotesi dell' eccentro mobile studiata nei suoi effetti, mostrò di corrisponder bene alle osservazioni non solo di Marte, ma anche di Giove e di Saturno. Anche a questi fu dato il Sole per centro dei movimenti. Così mentre i matematici si applicavano a perfezionare il sistema d' Eudosso, dai fisici fu per la prima volta concepita l' idea di porre il centro

comune delle orbite dei cinque pianeti minori nel Sole, la Terra rimanendo centro dell'universo, della rivoluzione mensile della Luna, e della rivoluzione annua del Sole stesso; e si arrivò allo schema oggi detto di Ticone. Eraclide Pontico vi aggiunse di proprio la rotazione della Terra intorno al suo asse.

V. - Da questa fase delle deduzioni era ovvio arrivare all'idea copernicana, attribuendo la quiete al Sole ed ai centri delle orbite planetarie, e la circolazione annua alla Terra. Tale passo definitivo si compiè ancora durante la vita di Eraclide Pontico, il quale ce ne ha conservato memoria; e forse fu compiuto da Eraclide stesso. — Ma per ragioni che ora non siamo più in grado di apprezzare, Eraclide non adottò questo modo di vedere; e lo considerò soltanto come un'ipotesi teoretica, capace di dare una spiegazione sufficiente delle anomalie planetarie, ed equivalente a quella, che si poteva dedurre dalla sua ipotesi propria.

VI. - Ad Aristarco di Samo si deve il vanto, non solo di aver riconosciuto l'eccellenza del concetto copernicano, ma ancora di averlo adottato come ipotesi sua propria; e di averne pubblicata la spiegazione e le dimostrazioni in iscritti espressamente consacrati a questo argomento. Anch'egli, come Eraclide, ha dovuto esser condotto al sistema eliocentrico del mondo dalla necessità di porre nel centro delle orbite celesti, non già punti ideali e vuoti d'ogni entità fisica (come si fece più tardi), ma i corpi allora considerati come i più importanti dell'universo, quali la Terra (centro alla rivoluzione della Luna), ed il Sole (centro alla rivoluzione della Terra e dei cinque pianeti). Le orbite da lui adottate erano tutte circoli concentrici al Sole, punto centrale dell'universo; ad eccezione di un solo epiciclo, descritto dalla Luna intorno alla Terra e con essa aggirantesi di moto annuo intorno al Sole.

VII. - La difficoltà di far prevalere nell'opinione universale la mobilità della Terra contro i dogmi ritenuti per indiscutibili dai Platonici, dai Peripatetici, e poco dopo anche dagli Stoici, non permise che le idee di Eraclide e di Aristarco portassero i loro frutti. Quando i matematici finirono per convincersi, che le ipotesi d'Eudosso e di Callippo erano insufficienti a salvare i fenomeni, si diedero ad escogitare nuove ipotesi, che non contradicessero ai placiti delle scuole dominanti. A tale scopo essi abbandonarono il principio, tenuto fermo fin allora, che ogni circolazione di un astro dovesse

farsi intorno alla Terra, od almeno intorno ad un altro astro. Profittando dall'idea del moto epiciclico, applicata già da Eraclide ai pianeti inferiori, e dell'altra idea dell'eccentro mobile, assegnato da Eraclide ai pianeti superiori, essi dimostrarono che si potevano rappresentare le apparenze di tutti e cinque i pianeti colla sola ipotesi degli epicicli, purchè si abbandonasse la condizione che il centro dell'epiciclo fosse designato in natura da un segno qualunque visibile; e così riuscirono al sistema degli epicicli mossi su deferenti concentrici alla Terra, che fu poi generalmente adottato fino ad Ipparco, e ancora da altri dopo di lui. Questo sistema aveva il grande vantaggio di prestarsi bene a rappresentare i movimenti celesti per mezzo di sfere solide, surrogatesi poco a poco alle sfere d'Eudosso nelle scuole, specialmente dei Peripatetici. Aveva inoltre il pregio di introdurre una certa uniformità nelle ipotesi di tutti e sette gli astri erranti, non escludendo la Luna ed il Sole. Il metterli tutti e sette nella medesima categoria importava moltissimo in un tempo, in cui cominciava a farsi sentire nell'astronomia l'influsso dell'astrologia matematica, portata in occidente da Beroso Caldeo, e coltivata poi con zelo dagli Stoici e dai Neopitagorici. È facile comprendere infatti, come le ipotesi di Eraclide, e ancora più quelle di Aristarco, dovessero riuscire incompatibili con una dottrina, fondata essenzialmente sulla immobilità della Terra al centro del mondo, al servizio della quale eran destinati tutti gl'influssi dei sette pianeti, oltre a quelli delle stelle fisse. Caratteristiche a questo riguardo sono le espressioni di Dercillide Platonico, il quale presso Teone Smirneo [1] dichiara degni di maledizione tutti quelli che mettono in quiete il cielo ed in moto la Terra, *perchè essi sconvolgono i princípi dell'astrologia.*

VIII. - Gli eccentri mobili di Eraclide anch'essi furon considerati come una forma d'ipotesi, con cui si poteva rappresentare il moto dei pianeti superiori, e che presto si vide essere geometricamente equivalente all'ipotesi epiciclica. Tale identità era già nota ad Apollonio di Perga un secolo circa dopo Eraclide, e cinquant'anni dopo Aristarco. Gli eccentri di Apollonio avevano ancora la stessa forma e disposizione, che quelli d'Eraclide Pontico, e sebbene non fossero più necessariamente centrati sul Sole, obbedivano però ancora alla con-

[1] Theonis Smyrnæi, *Astronomia*, ed. Martin, p. 328.

dizione di mantenere costantemente il loro centro sulla linea condotta dalla Terra pel Sole alla sfera celeste. Quindi egli considerava la loro applicazione come limitata ai soli pianeti superiori, per i quali infatti erano stati immaginati da Eraclide, o da qualche suo contemporaneo. Ma questa limitazione fu causa, che l'ipotesi degli eccentri mobili venisse presto abbandonata, anche per la minore facilità, con cui essa si prestava a rendere intuitivamente perspicua la dimostrazione dei fenomeni. Un'altra ragione di abbandonarli fu l'impossibilità di adattarli al sistema delle sfere solide, al quale servivano invece benissimo gli epicicli.

IX. – Tutto questo svolgimento teoretico ebbe per iscopo di rappresentare soltanto la grande anomalia planetaria, quella che produce le stazioni e le retrogradazioni. La necessità di introdurre anche l'anomalia zodiacale non fu riconosciuta, a quanto pare, prima d'Ipparco. La scoperta dell'anomalia zodiacale fu forse anche una delle cause, per cui fu presto abbandonato il sistema d'Aristarco. Finchè le orbite di questo sistema potevano considerarsi come circolari, concentriche, ed uniformemente descritte, la sua semplicità e la sua simmetria dovevano essere un potente argomento in suo favore. Ma tale semplicità e simmetria non si potevano più conservare introducendo l'anomalia zodiacale. Era allora inevitabile d'ammettere in esso moti eccentrici ed epiciclici, simili a quelli di cui più tardi fece uso Copernico. Così il principio fondamentale rispettato in tutti i primi sistemi cosmici dei Greci, e mantenuto ancora da Aristarco, *di non ammettere nel cielo circolazioni intorno a punti ideali privi di ogni fisica entità*, andava perduto; con esso andavan perdute la simmetria e la semplicità che costituivano il pregio principale del sistema d'Aristarco in un'epoca ancora incapace di risalire al vero principio fisico regolatore di tutti quei movimenti. Poichè dunque da un lato gli eccentri e gli epicicli si imponevano in qualunque modo, ed era forza ammettere nel cielo circolazioni intorno a punti ideali; e poichè d'altra parte era stato trovato dai geometri il mezzo di rappresentare, con questi nuovi ordigni, l'andamento dei fenomeni celesti senza scuotere dal centro la Terra, senza urtare contro i pregiudizi dominanti nelle scuole filosofiche, e senza sconvolgere i principi dell'Astrologia; qual ragione rimaneva di attenersi ancora alle speculazioni, soltanto a mezzo elaborate, di Eraclide Pontico e d'Aristarco?

APPENDICE

Estratto da SIMPLICIO, *Comm. alla Fisica d' Aristotele*, pp. 291-292, ed. Diels. (Per spiegazioni e riferimenti vedi §§ 10, 23, e dal § 36 al 47).

Ὁ δὲ Ἀλέξανδρος φιλοπόνως λέξιν τινα τοῦ Γεμίνου παρατίθησιν ἐκ τῆς ἐπιτομῆς τῶν Ποσειδωνίου Μετεωρολογικῶν, τῆς ἐξηγήσεως (1) τὰς ἀφορμὰς ἀπὸ Ἀριστοτέλους λαβοῦσαν. ἔχει δὲ ὧδε· « τῆς μὲν φυσικῆς θεωρίας ἐστὶ τὸ σκοπεῖν περί τε οὐσίας « οὐρανοῦ καὶ ἄστρων καὶ δυνάμεως καὶ ποιότητος γενέσεώς τε « καὶ φθορᾶς καὶ νὴ Δία τουτων περὶ μεγέθους καὶ σχήματος « καὶ τάξεως ἀποδεικνύναι δύναται· ἡ δε ἀστρολογία περὶ τοιούτου « μὲν οὐδενὸς ἐπιχειρεῖ λέγειν, ἀποδείκνυσι δὲ τὴν τάξιν τῶν « οὐρανίων, κόσμον ὄντως ἀποφήνασα τὸν οὐρανόν, περί τε « σχημάτων λέγει καὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων γῆς τε καὶ « ἡλίου καὶ σελήνης καὶ περὶ ἐκλείψεων καὶ συνάψεων τῶν « ἄστρων, καὶ περὶ τῆς ἐν ταῖς φοραῖς αὐτῶν ποιότητος καὶ « ποσότητος. ὅθεν ἐπειδὴ τῆς περὶ ποσὸν καὶ πηλίκον καὶ ποιὸν « κατὰ σχῆμα θεωρίας ἐφάπτεται, εἰκότως ἀριθμητικῆς τε καὶ « γεωμετρίας ἐδεήθη ταύτη. καὶ περὶ τούτων, ὧν ὑπισχνεῖτο « μόνων λόγον ἀποδώσειν, δι' ἀριθμητικῆς τε καὶ γεωμετρίας « συμβιβάζειν ἰσχύει. πολλαχοῦ τοίνυν ταὐτὸν κεφάλαιον ἀποδεῖξαι « προθήσεται ὅ τε ἀστρολόγος καὶ ὁ φυσικός, οἷον ὅτι μέγας ὁ « ἥλιος, ὅτι σφαιροειδὴς ἡ γῆ, οὐ μὴν κατὰ τὰς αὐτὰς ὁδοὺς « βαδιοῦνται. ὁ μὲν γὰρ ἀπὸ τῆς οὐσίας ἢ τῆς δυνάμεως ἢ τοῦ « ἄμεινον οὕτως ἔχειν ἢ ἀπὸ τῆς γενέσεως καὶ μεταβολῆς ἕκαστα « ἀποδείξει, ὁ δὲ ἀπὸ τῶν συμβεβηκότων τοῖς σχήμασιν ἢ

(1) Accetto qui senza dubitare la bella emendazione proposta dal DIELS nella sua edizione, vol. I, p. XXXII, e vol. II, p. 1463; pel cui mezzo a questo passo si restituisce il suo vero e naturale significato. L'antica lezione diceva ἐκ τῆς ἐπιτομῆς τῶν Ποσειδωνίου Μετεωρολογικῶν ἐξηγήσεως, τὰς ἀφορμὰς etc. Ciò che condusse il BOECKH (*Kosm. Syst. des Platon*, p. 134 e *Vierjährige Sonnenkreise der Alten*, p. 13) alla curiosa supposizione, che Gemino avesse scritto un Commentario alla Meteorologia di Posidonio, e che poi egli stesso avesse fatto un compendio od un estratto di detto commentario.

« μεγέθεσιν ἢ ἀπὸ τῆς ποσότητος τῆς κινήσεως καὶ τοῦ ἐφαρμότ-
« τοντος αὐτῇ χρόνου. καὶ ὁ μὲν φυσικὸς τῆς αἰτίας πολλαχοῦ
« ἅψεται εἰς τὴν ποιητικὴν δύναμιν ἀποβλέπων, ὁ δὲ ἀστρολόγος
« ὅταν ἀπὸ τῶν ἔξωθεν συμβεβηκότων ἀποδεικνυῃ, οὐχ ἱκανὸς
« θεατὴς γινεται τῆς αἰτίας, οἷον ὁτε σφαιροειδῆ τὴν γῆν ἢ τὰ
« ἄστρα ἀποδίδωσιν, ἐνιαχοῦ δὲ οὐδὲ τὴν αἰτίαν λαβεῖν ἐφίεται,
« ὡς ὅταν περὶ ἐκλείψεως διαλέγηται· ἄλλοτε δὲ καθ' ὑπόθεσιν
« εὑρίσκει τρόπους τινὰς ἀποδιδούς, ὧν ὑπαρχόντων σωθήσεται
« τὰ φαινόμενα. οἷον διὰ τί ἀνωμαλως ἥλιος καὶ σελήνη καὶ οἱ
« πλανητες φαίνονται κινούμενοι; ὅτι εἰ ὑποθῶμεθα ἐκκέντρους
« αυτῶν τοὺς κύκλους ἢ κατ' ἐπίκυκλον πολούμενα τὰ ἄστρα,
« σωθήσεται ἡ φαινομένη ἀνωμαλία αὐτῶν, δεήσει τε ἐπεξελθεῖν,
« καθ' ὅσους δυνατὸν τρόπους ταῦτα ἀποτελεῖσθαι τὰ φαινόμενα,
« ὥστε ἐοικέναι τῇ κατὰ τὸν ἐνδεχόμενον τρόπον αἰτιολογίᾳ τὴν
« περὶ τῶν πλανωμένων ἄστρων πραγματειαν. διὸ καὶ παρελθὼν
« τίς φησιν Ἡρακλείδης ὁ Ποντικός, ὅτι καὶ κινουμένης πως
« τῆς γῆς, τοῦ δε ἡλίου μένοντός πως δυναται ἡ περὶ τὸν ἥλιον
« φαινομένη ἀνωμαλία σῴζεσθαι. ὅλως γὰρ οὐκ εστιν ἀστρολόγου
« τὸ γνῶναι, τί ἠρεμαῖόν ἐστι τῇ φύσει, καὶ ποῖα τὰ κινητὰ,
« ἀλλὰ ὑποθέσεις εἰσηγούμενος τῶν μὲν μενόντων, τῶν δὲ κινου-
« μένων, σκοπεῖ τίσιν ὑποθέσεσιν ἀκολουθήσει τὰ κατὰ τὸν
« οὐρανον φαινόμενα. ληπτέον δὲ αὐτῷ ἀρχὰς παρὰ τοῦ φυσικοῦ,
« ἁπλᾶς εἶναι καὶ ὁμαλὰς καὶ τεταγμένας κινήσεις τῶν ἄστρων,
« δι' ὧν ἀποδείξει ἐγκύκλιον οὖσαν τὴν χορείαν ἁπάντων, τῶν μὲν
« κατὰ παραλλήλους, τῶν δὲ κατὰ λοξοὺς κύκλους εἱλουμένων ».
οὕτως μὲν οὖν καὶ ὁ Γέμινος ἤτοι ὁ παρὰ τῷ Γεμίνῳ Ποσειδώνιος τὴν διαφορὰν τῆς τε φυσιολογίας καὶ τῆς ἀστρολογίας παραδίδωσιν ἀπὸ τοῦ Ἀριστοτέλους τὰς ἀφορμὰς λαβών.

Da questo passo si scorge con quanta libertà di mente i Greci consideravano il problema dei moti celesti. Essi giunsero a comprendere che in sostanza si tratta di una questione di semplice moto relativo; seppero arrivare alla conclusione che la geometria sola non bastava a decidere fra le diverse forme possibili sotto cui si poteva presentare il sistema delle orbite planetarie; e videro che bisognava ricorrere alla fisica. Per molti secoli tale criterio andò poi perduto, e fu riacquistato soltanto ai tempi di Ticone; la decisione però allora si volle riservata non alla fisica, ma alla Bibbia e allo Spirito Santo.

Di questa opinione non è Paolo Mansion, il quale nel fasc. IX delle *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik* ha

scritto una *Note sur le caractère géométrique de l' ancienne astronomie* per provare che « depuis deux mille ans il y a une tradition de plus en plus claire tendant à établir cette proposition fondamentale: *Pour qu' une théorie scientifique (quantitative) de l' Univers soit satisfaisante, il suffit qu' elle rende compte des phénomènes au point de vue purement géométrique ou cinématique* ». Io credo che basti leggere alcuni capitoli del *De Cœlo* di Aristotele e dell' Almagesto per convincersi che ciò non è vero. Gli antichi aspiravano a distinguere ciò che è fisso da ciò che si muove, ed avevan capito che a questo la geometria non basta.

XII.

RUBRA CANICULA

CONSIDERAZIONI SULLA MUTAZIONE DI COLORE CHE SI DICE AVVENUTA IN SIRIO

Dagli Atti *della Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati di Rovereto, Serie III, Vol. II, Fascicolo II — Anno 1896.*

Alcune aggiunte che lo Schiaparelli fece al manoscritto di questa memoria, dopo avvenuta la stampa, sono state introdotte nella presente edizione.

L. G.

Sirio si chiamava già ai tempi d'Esiodo la fulgida stella, che tiene il primato nella costellazione del Gran Cane, ed è collocata nella bocca della figura. Di essa, come di un astro poderoso per il suo splendore e per le sue influenze parlava anche prima Omero, descrivendo il presentarsi d'Achille all'ultima pugna con Ettore (*Iliade*, Monti XXII, vv. 30-38):

.... Primo lo vide
Precipitoso correre pel campo
Priamo, e da lungi folgorar, siccome
L'astro, che Cane d'Orïon s'appella,
E precorre l'Autunno; scintillanti
Fra numerose stelle in densa notte
Manda i suoi raggi; splendidissim'astro
Ma luttuoso, e di cocenti morbi
Ai miseri mortali apportatore.

Questa stella è stata sempre, così dagli antichi, come dai moderni, stimata la più brillante del cielo. Scrive Igino nella sua opera sulle costellazioni e sul loro significato mitologico [1]: *Canis habet in capite stellam alteram, quam Isis suo nomine statuisse existimatur, et Sirion appellasse propter flammae candorem, quod eiusmodi sit, ut prae ceteris lucere videatur.* E Manilio nel suo poema astrologico (libro I, vv. 417-418) dice di Sirio comparato alle altre stelle:

Cetera vincuntur specie, nec clarius astrum
Tingitur Oceano, caelumve revisit ab undis.

(1) Hygini, *Astronomica, recensuit* B. Bunte. Lipsia, 1875. Lib. II, c. 35.

Ma per tutte vale l'autorità di Tolomeo, il quale nel libro VIII, capo 3 dell'Almagesto, descrivendo la costruzione della sfera solida stellata, dice che per segnarvi sopra ordinatamente le stelle bisogna cominciare dalla più brillante di tutte che è nella bocca del Cane: τὸ μὲν λαμπρότατον αὐτῶν, λέγω δὲ τὸν ἐν τῷ στοματι τοῦ κυνός.

Non vi è dunque ragione di supporre che nell'intensità luminosa di Sirio sia avvenuta alcuna sensibile mutazione negli ultimi venti secoli (1).

Lo stesso non possiamo però risolutamente affermare del *colore* di questa stella. Trovansi infatti presso alcuni scrittori antichi diversi accenni, i quali con sufficiente concordia ci condurrebbero a supporre, che intorno al principio dell'èra cristiana Sirio fosse di color rosso intenso; mentre oggi tutti vediamo esser questa stella del bianco più puro, anzi si potrebbe sostenere, che la sua viva luce contenga qualche poca mescolanza di colore azzurro. Se la verità di una tale mutazione si potesse metter fuori d'ogni dubbio, notabili conseguenze ne verrebbero per la storia fisica non solo di Sirio, ma del Sole ancora, e di tutte le stelle. Negli ultimi anni infatti è venuta acquistando molto favore fra gli astronomi un'ipotesi, secondo la quale le stelle di color rosseggiante sarebbero (relativamente) prossime ad aver finito di esistere come corpi lucenti di luce propria; in altri termini, le stelle rosse sarebbero, più presto che le altre, votate alla totale estinzione del loro splendore, a parità di circostanze. Invecchiando e perdendo continuamente calore da esse irradiato nello spazio indefinito, muterebbero di colore passando dal bianco per diversi gradi intermedi al rosso e dal rosso all'oscurità totale, come si osserva in una massa di ferro che si vada raffreddando dopo di essere stata riscaldata fino al calor bianco. Una vicenda inversa di colorazioni, il passaggio cioè dal rosso al bianco

(1) A questa conclusione sembra contraddire quanto scrive GEMINO nei suoi *Elementi di Astronomia*, Capo XIV, che « la grandezza del Cane è superata da altre stelle ». Ma Gemino fra gli antichi è uno di quelli che ammettono fra le stelle una grande varietà di distanze dalla Terra. « Non si deve pensare che tutte le stelle sian poste sopra una stessa superficie (sferica): ma invece è da credere che alcune sian più alte, altre più basse ». *Ibidem*, Capo I. Pertanto la difficoltà accennata si risolve ammettendo che Gemino intendesse parlare della grandezza *reale* del Cane, non dello splendore *apparente*.

sarebbe, secondo questa teoria, impossibile; o almeno richiederebbe molte essenziali modificazioni. Sarebbe dunque assai importante di poter dimostrare che tal passaggio è realmente avvenuto, anche per una sola stella.

Questa così grandiosa e singolare mutazione di Sirio può essa considerarsi come storicamente provata? Parecchi dotti di grande autorità hanno risposto affermativamente. Humboldt scrive nel III volume del *Cosmos* (1) « Sirius offre l' unique exemple d' un changement de couleur constaté historiquement ». John Herschel ammette pure la realtà del fatto. e come spiegazione probabile del medesimo è disposto ad adottare l' interposizione di una nube cosmica capace di assorbire una certa parte dei raggi di vario colore onde si compone la luce della stella (2): « It seems much more likely that a red colour should be the effect of a medium interposed, than that in the short space of 2000 years so vast a body should have actually undergone such a material change in his physical constitution ». Egualmente affermativa è l' opinione di Arago (3): « Tout bien examiné, tout bien pése, il semble donc que Sirius était jadis rougeâtre, et qu' en moins de 2000 ans il est passé de cette teinte au blanc le moins équivoque ».

Considerando però attentamente tutto quello che ho avuto occasione di leggere su quest' argomento, son venuto nell' opinione che un esame rigoroso, imparziale, e completo di tutte le testimonianze non sia ancor stato fatto, e che il processo meriti essere riveduto. Ciò che qui presento non ha la pretesa di risolvere definitivamente la questione; non è altro che un tentativo di aggiungere qualche cosa a quanto su tal proposito fu scritto anteriormente. Incominciamo adunque con quello dei testimoni, la cui deposizione sembra più chiara e la cui autorità sembra più decisiva: col grande astronomo d' Alessandria Claudio Tolomeo.

(1) *Cosmos, Essai d' une description physique du Monde*, edizione francese di Milano (1854): vol. III, p. 105.

(2) *Astronomische Nachrichten*, 1839, N. 372.

(3) *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1842, p. 353.

I. TOLOMEO.

Nel Catalogo di 1022 stelle, che occupa parte dei libri settimo ed ottavo dell'Almagesto s'incontrano sei stelle, che portano la designazione di ὑπόκιῤῥος, indicante un debole grado di colorazione rossa, e precisamente fra il giallo ed il rosso (1). Tali stelle, secondo le denominazioni oggi in uso, sono:

Aldebarano,	detta	anche	α *Tauri*,
Antares,	»	»	α *Scorpii*,
Beteigeuze,	»	»	α *Orionis*,
Arturo,	»	»	α *Bootis*.
Polluce,	»	»	β *Geminorum*,
Sirio,	»	»	α *Canis majoris*.

Le tre prime sono anche oggi d'un rosso manifesto e la denominazione di ὑπόκιῤῥος si adatta loro perfettamente. Essa può ancora considerarsi come conveniente per Arturo e per Polluce, sebbene il colore di queste due stelle si debba dire piuttosto giallo che rosso. La contraddizione è palese soltanto nel caso di Sirio.

Nell'edizione dell'Almagesto pubblicata dall'Abate Halma (2) la stella è designata colle seguenti parole: ὁ ἐν τῷ στόματι λαμπρότατος καλούμενος κύων καὶ ὑπόκιῤῥος. Questa lezione come appare dalle varianti poste in fine dell'opera (3) è appoggiata principalmente a due codici; uno di Parigi, designato col numero 2389, che Halma vorrebbe far risalire fino al secolo V, l'altro di Firenze, indicato da lui col numero 2390, il quale sarebbe del secolo XII. L'edizione principe di Basilea (4) porta esattamente le stesse parole, colla omissione, non importante quanto al senso, della particella καί. Nella versione latina

(1) Una dichiarazione filologica esatta del significato di questa parola è riportata nel *Cosmos* di Humboldt, vol. III, p. 257 dell'edizione di Milano.

(2) *Composition mathématique de* Claude Ptolémée. Paris, 1813-1816, vol. II, p. 72.

(3) *Ibidem*, vol. II, p. 442.

(4) Claudii Ptolemaei, *Magnae constructionis* Libri XIII. Basileae apud Joannem Walderum, 1538 fol.

di Giorgio da Trebisonda fatta nella metà del secolo XV sopra un codice vaticano di fresco apportato dall'Oriente, alle sei stelle qui sopra designate. Sirio non eccettuato, è applicato il nome di *subrufa* quale equivalente di ὑπόκιῤῥος (1). Il consenso di tutti questi esemplari è tanto grande quanto si può desiderare; e la questione potrebbe sembrar risoluta, se diverse ragioni di dubbio non sorgessero da altre parti.

1. Una prima occasione di dubbio sorge dall'esame dell'Almagesto, quale ci fu conservato dalla tradizione degli Arabi: della quale due fonti soltanto sono a me accessibili. La prima sta nella traduzione dell'Almagesto fatta intorno al 1175 da Gerardo di Cremona sopra una versione arabica, e pubblicata a Venezia nel 1515 (2). Noi possiamo considerarla (salvo gli errori dell'interprete, non pochi nè piccoli) come rappresentante il testo arabico adoperato da Gerardo. L'altro fonte di tradizione arabica ci è somministrato dal Catalogo stellare unito all'Uranografia di Alsûfi; il quale Catalogo, per quanto concerne le denominazioni delle stelle, si può considerare come una traduzione dell'Almagesto (3), la diversità delle posizioni e delle grandezze non dovendo qui entrare in conto. L'opera di Alsûfi risale alla metà del secolo X. Io appongo qui sotto le indicazioni di Gerardo da Cremona e di Alsufi per ognuna delle sei stelle considerate, conservando l'idioma latino e francese rispettivamente usati nelle versioni di Ge-

(1) Abbiamo nella Specola di Brera di questa traduzione due edizioni stampate a Basilea, l'una nel 1541, l'altra nel 1551. L'esemplare di quest'ultima appartenne già ad Ugo Foscolo, e porta in fronte una nota bibliografica scritta di sua mano.

(2) *Almagestum* Cl. Ptolemaei *Pheludiensis Alexandrini Astronomorum principis: opus ingens ac nobile omnes caelorum motus continens, felicibus astris eut in lucem ductu Petri Lichtenstein Coloniensis Germani anno virginei partus* 1515. Che questa edizione latina provenga dalla versione di Gerardo da Cremona è provato da Wüstenfeld, *Die Uebersetzungen Arabischer Werke in das Lateinische seit dem XI Jahrhundert* (Memorie della Società delle scienze di Gottinga, vol. XXII, 1877, p. 64). Lo stesso è provato da Knobel (Monthly, Not. XLV, p. 146) dal confronto diretto dell'edizione di Lichtenstein con tre copie manoscritte della versione di Gerardo. L'esemplare che di tal edizione possiede la Specola di Brera è un raro cimelio, avendo appartenuto a Michele Maestlin, che fu maestro di Astronomia a Keplero, e che lo riempì di molte note scritte di sua mano.

(3) Abd-el-Rahman Al-sûfi, *Description des étoiles fixes. Traduction littérale par* H. C. F. C. Schjellerup. St. Pétersbourg, 1874.

rardo e di Schjellerup. Vi ho aggiunto il testo originale greco secondo Halma.

ARTURO.

ὁ μεταξὺ τῶν μηρῶν ὁ καλούμενος ἀρκτοῦρος ὑπόκιρρος.

Quae est inter duas coxas: et est ea quae dicitur ascimech aremeah: et nominatur audiens.

L'étoile qui se trouve entre les cuisses, nommée al-simâk al râmih.

ALDEBARAN.

ὁ λαμπρὸς τῶν υαδων ἐπὶ τοῦ νοτίου ὀφθαλμοῦ υπόκιρρος.

Lucida quae trahit ad aerem clara valde et ex forma aldebaran quinta: et est ut cerea.

La brillante qui tire sur le rouge et qui appartient à la figure du dal, dans l'œil meridional, nommée al-debaran.

POLLUCE.

ὁ ἐπὶ τῆς κεφαλῆς τοῦ επομένου διδύμου ὑπόκιρρος.

Quae trahit ad aerem: et est ea quae est super caput geminorum: et est cerea (1).

Celle qui tire sur le rouge et qui est dans la tête du jumeau postérieur.

ANTARES.

ὁ μέσος αὐτῶν (2) καὶ ὑπόκιρρος καλουμενος ἀνταρης.

Media earum, quae tendit ad rapinam: quae dicitur cor scorpionis.

Leur mitoyenne qui tire sur le rouge, nommée le cœur du Scorpion.

BETEIGEUZE.

ὁ ἐπὶ τοῦ δεξιοῦ ὤμου λαμπρὸς υπόκιρρος.

Lucida quae est super humerum dextrum: et ipsa tendit ad rapinam quum appropinquat ad terram in humero Orionis (3).

La brillante qui est sur l'épaule droite et qui tire sur le rouge.

(1) *est cerea* si riferisce al colore, e riproduce esattamente la dizione arabica *shamāie* (simile a cera) dell'Almagesto arabico.

(2) S'intende la media delle tre principali che sono nel corpo dello Scorpione, alle quali si era fatto allusione nelle linee precedenti del catalogo tolemaico.

(3) Probabilmente ha voluto dire che la stella è più rossa quando è più vicina all'orizzonte? invece di *quum* è forse da leggere *quia*.

SIRIO.

ὁ ἐν τῷ στόματι λαμπρότατος καλούμενος κύων καὶ ὑπόκιρρος.
Quae est in ore in ultimitate luminis: et dicitur canis et est asehere aliemeni alahabor (1).
L'étoile qui est sur la bouche, très brillante, nommée le Chien ou al-schira al-jamanija ou al-habûr.

Il paragone dei tre testi dimostra che Gerardo ebbe alle mani un manoscritto arabico imperfetto (2), o che ei non seppe interpretarlo a dovere. Tuttavia è evidente che le espressioni curiose *trahit ad aerem, tendit ad rapinam*, qualunque sia l'origine dell'errore che le ha prodotte, debbono considerarsi come rappresentanti *il tire sur le rouge* del traduttore d'Alsûfi, e l'ὑπόκιρρος di Tolomeo. Ciò ammesso, risulta manifesto, che in ambidue gli esemplari dell'Almagesto usati da Alsûfi (950 di Cristo) e da Gerardo di Cremona (1175 di Cristo) esisteva l'indicazione del color rosso per le quattro stelle Aldebarano, Antares, Polluce e Beteigeuze (3); e che in ambidue mancava tale indicazione per Arturo e Sirio. Questo parallelismo non può essere opera del caso, e ci conduce a concludere, quei due esemplari esser derivati da una fonte comune assai antica, in ogni caso anteriore ad Alsûfi (nato nel 903 morto nel 986), la quale potrebbe anche essere la versione di Thebit ben Korra (nato nell'836, morto nel 901).

Questa discordanza degli antichi testi arabi dal testo greco oggi ricevuto può spiegarsi in due maniere. Può esser infatti,

(1) Vedi la memoria di KNOBEL, *Note on the Descriptions of two stars in Ptolemy's Catalogue*. (Monthly Notices, vol. XLV).

(2) Chi ha avuto occasione di leggere autori arabi nelle versioni medioevali (che spesso sono le sole esistenti) non si maraviglierà di questo. La mancanza di punti e la facilità di scambiare una lettera con un'altra han prodotto frequentissimamente di simili controsensi nell'interpretazione dei vocaboli comuni. Quanto ai nomi proprî, le trasformazioni avvenute in questo modo sono quasi incredibili e lo sanno per prova quelli che si sono occupati di proposito della geografia degli Arabi.

(3) La stessa cosa ha *Ulugh-beg* nel suo Catalogo, siccome ha notato See a p. 383 del volume XI del periodico *Astronomy* and *Astrophysics*. Si vede che l'Almagesto usato dal Principe Tartaro è derivato dalla stessa fonte che quelli usati da Alsûfi e da Gerardo di Cremona, malgrado che Ulugh-beg sia vissuto molto dopo di questi.

che essa già esistesse nell'antico esemplare greco, da cui fu tratta la versione arabica, fonte comune dei due testi usati da Alsûfi e da Gerardo. Ma potrebbe ancora darsi che quell'antico esemplare greco fosse in tutto conforme ai nostri, e che le indicazioni del color rosso per Sirio e per Arturo fossero più tardi soppresse nella traduzione per opera di qualche astronomo arabo, al quale tali indicazioni han potuto sembrare già ai suoi tempi poco conformi al vero, almeno per Sirio. Se ciò ebbe veramente luogo, non fu certo per opera d'Alsûfi; il quale nel testo della sua *Uranografia*, esponendo le proprie osservazioni sulla grandezza apparente di tutte le stelle tolemaiche, esprime per alcune il suo giudizio anche relativamente al colore (1). Ora questo giudizio *non è* sempre conforme a quello dato dal Catalogo di stelle annesso all'opera stessa, e prova così che il testo di tale Catalogo, (per quanto concerne i nomi e le qualificazioni delle stelle) è stato trascritto senz'altro da un esemplare più antico.

Quando si verificasse la seconda delle ipotesi qui accennate, ne risulterebbe soltanto, che Sirio era già bianco al tempo di Alsûfi od anzi nell'epoca alquanto anteriore (del secolo IX probabilmente) in cui fu fatta la versione araba dell'Almagesto, che servì di fonte ai testi usati da Alsûfi e da Gerardo. Con questo l'allegato cambiamento di colore non sarebbe dimostrato impossibile, ma verrebbe limitata la sua epoca all'intervallo che comprende i secoli II-IX. — Il verificarsi della prima ipotesi invece dimostrerebbe che già in tempi molto antichi discordavano i codici greci dell'Almagesto circa il colore di Sirio; con che verrebbe scemata di molto l'autorità di ciò che a questo riguardo attestano i codici posti a fondamento delle nostre edizioni.

2. Tolomeo stesso nella sua opera astrologica conosciuta sotto il nome di *Tetrabiblos Syntaxis*, parlando degli influssi propri alle principali stelle del cielo indica il colore di alcune tra queste (2). Sono Aldebarano Antares e Arturo, tutte e tre

(1) Alsufi giudica rosse le seguenti stelle: Arturo, Aldebaran, Antares, Beteigeuze; omettendo così Polluce e Sirio. Questo dimostra, che mille anni fa i colori delle sei stelle differivano di ben poco dagli attuali.

(2) Claudii Ptolemaei *Pelusiensis libri quatuor compositi Syro fratri*. Norimbergae, 1535, pp. 6-7. L'edizione è di Gioachino Camerario. Il confronto coll'edizione di Melantone pubblicata a Basilea nel 1553 non ha lasciato vedere alcuna diversità nelle indicazioni qui sopra riportate. Alcuni

designate qui coll'epiteto ὑπόκιρρος adoperato nell'Almagesto. Le altre tre stelle delle sei più sopra enumerate sono nel *Tetrabiblo* semplicemente nominate senza indicazione di colore. L'omissione di tal accenno per Polluce non è difficile a spiegare, meno facilmente si spiega quella di Beteigeuze; ma la più degna d'attenzione è quella di Sirio, che allora come adesso era la stella più brillante del cielo, e nel quale il color rosso avrebbe meritato di esser distinto più che in qualunque altra stella [1].

3. Nel medesimo luogo del *Tetrabiblo* la natura di alcune stelle principali è assimilata alla natura di qualcuno dei pianeti. Delle sei stelle in discorso quattro, cioè Aldebarano, Antares, Beteigeuze e Polluce sono da Tolomeo assomigliate per natura ed effetti a Marte. Arturo è fatto partecipare alla natura di Marte e di Giove; mentre a Sirio è assegnata la natura di Giove mista soltanto con un po' di quella di Marte. Quale sia il principio direttore in queste assimilazioni non è detto esplicitamente dall'autore; tuttavia dal contesto generale della trattazione e dall'esame dei singoli casi risulta con sufficiente evidenza, che la similitudine dei colori è stato il cri-

han supposto che il *Tetrabiblo* non appartenga a Tolomeo, e gli sia stato falsamente attribuito, non parendo a loro possibile che l'autore di esso e quello dell'Almagesto possano esser una medesima persona. Tale sospetto si dileguerà subito agli occhi di chi faccia uno studio alquanto serio di ambedue queste opere. È la stessa mente che ragiona, la stessa maniera d'esporre, lo stesso stile, gli stessi termini tecnici. Le opinioni esposte nel *Tetrabiblo* sull'Astrologia sono identiche o parallele a quelle indicate nell'opuscolo *Sulle apparenze delle stelle fisse*, che è certamente di Tolomeo. L'esame filologico e storico della questione ha confermato pienamente questi argomenti, ai quali nulla si può contrapporre di plausibile. L'identità dell'autore del *Tetrabiblo* con quello dell'*Almagesto* e della *Geografia* e delle *Armoniche* è stata ultimamente dimostrata con pieno rigore e portata alla più chiara evidenza da Franz Boll nella operetta intitolata: *Studien ueber Claudius Ptolemaeus: ein Beitrag zur Geschichte der Griechischen Philosophie und Astrologie*. Leipzig, Teubner, 1804, 8°.

(1) La parte del *Tetrabiblo* a cui si allude si trova esattamente trascritta nel Compendio astrologico di Efestione Tebano, scritto verso l'anno 380 di Cristo. Su quest'opera veggasi quanto ne diremo più sotto. Qui noteremo soltanto, che il testo riferito da Efestione concorda pienamente colle edizioni stampate del *Tetrabiblo*. Pertanto siamo in grado d'affermare che 250 anni dopo Tolomeo i passi da noi riferiti del *Tetrabiblo* già si leggevano tali quali ora noi li leggiamo: ciò che non poco conferisce all'autorità dei medesimi.

terio principale se non esclusivo [1]. Ciò ammesso, non è possibile negare una speciale attenzione al fatto, che delle sei stelle considerate Sirio è quella a cui si assegna minor affinità con Marte e la massima con Giove; e non si può dissimulare, esser questo fatto molto favorevole all' idea che all' epoca di Tolomeo il colore di Sirio fosse più vicino al colore di Giove che a quello di Marte.

[1] Questo criterio è enunziato a dir vero molto chiaramente da Tolomeo, non però a proposito delle stelle fisse, ma a proposito, dei pronostici che si possono trarre dai colori osservati nelle eclissi, negli aloni, nelle aurore polari, ed in tutte le luci meteoriche osservate in cielo. « Quando queste luci sono fosche o pallide (μέλανα ἢ ὑπόχλωρα), significano quello che si disse della natura di Saturno. Se son bianche (λευκά) hanno la natura di Giove. Se rosse (ὑπόκιρρα), hanno la natura di Marte. Se gialle (ξανθα) hanno la natura di Venere. Se di vario colore (ποικίλα), hanno la natura di Mercurio » (*Tetrabiblo*, libro II, p. 23 dell'edizione di Norimberga). Affinchè si veda con qual grado di consistenza tale criterio del colore è stato applicato da Tolomeo nell' assimilare la natura delle stelle a quella di certi pianeti, pongo nella seguente tabella una lista di stelle di decisa colorazione data da Maedler nella sua *Astronomia* (4ª edizione § 207): accanto alla quale è segnato in corrispondenza di ogni stella il nome del pianeta o dei pianeti a cui Tolomeo ha assimilato la natura di ciascuna stella. Nella lista ho aggiunto Antares, omesso da Maedler.

Nome delle stelle	Colore secondo i moderni	Pianeti a cui Tolomeo assimila le stelle
Sirio	bianco	Giove, un po' di Marte
Lira	bianco	Venere e Mercurio
Deneb	bianco	Venere e Mercurio
Regolo	bianco	Giove e Marte
Spica	bianco	Venere e Marte
Castore	verdastro	Mercurio
Polare	giallo	Saturno e Venere
Capra	giallo	Marte e Mercurio
Aquila	giallo	Marte e Giove
Arturo	rosso-giallo	Marte e Giove
Antares	rosso	Marte, un po' di Giove
Aldebaran	rosso	Marte
Beteigeuze	rosso	Marte
Polluce	rossastro	Marte

Il risultato della comparazione è manifesto: tutte le stelle decisamente rosse hanno per elemento esclusivo, o almeno predominante la natura di Marte; il quale in alcune altre stelle entra bensì come componente, non mai però come elemento principale.

4. Tolomeo nel suo Catalogo si è mostrato particolarmente esatto nel notare i nomi propri usati al suo tempo per alcune stelle principali, quali sono Arturo, la Lira, la Capra, Regolo, la Vendemmiatrice, la Spica, Antares, Procione, Canobo. Riguardo alla stella principale del Cane egli nota bene, che anch'essa si chiama *Cane*; sembra tuttavia poco probabile, che egli abbia potuto omettere il nome più celebre fra tutti; celeberrimo per un uomo di nazione greca, che certamente ha potuto vedere il *Cane* denominato σείριος da Esiodo, da Aristotele, da Arato; celeberrimo per uno nato e vissuto in Egitto dove il levare eliaco della divina *Sothis*, aveva per tanti secoli segnato il principio dell'anno solare e dato il segnale dell'innondazione del Nilo. Questa ed altre riflessioni hanno condotto Schjellerup, l'editore e traduttore d'Alsûfi, a supporre [1] che originariamente nel manoscritto di Tolomeo, invece del contrastato vocabolo ὑπόκιῤῥος, fosse scritto καὶ σείριος e che la trasformazione sia stata opera di qualche copiatore. Simili correzioni ipotetiche sono sempre pericolose: nel presente caso tuttavia, dopo vedute le ragioni qui sopra addotte, la proposta dello Schjellerup potrà sembrare non solo ingegnosa ma anche abbastanza probabile.

II. I TRADUTTORI LATINI D'ARATO.

Nel suo poema astronomico che ha per titolo *Fenomeni e Pronostici*. Arato descrivendo la costellazione del Cane le applica la denominazione di ποικιλος, *varius, versicolor*. Della gran stella collocata nel mento della figura dice che è chiamata Sirio a cagione della sua vivace scintillazione [2].

> Ὀξέα σειριάει, καί μιν καλέουσ' ἄνθρωποι
> Σείριον.

[1] Vedi la sua prefazione all'Uranografia d'Alsûfi, p. 25.

[2] Arati Solensis, *Phaenomena et Diosemea*, ed. Buhle, vv. 332-333. Che σειριάειν significhi *scintillare* è provato nel modo più chiaro dai *Catasterismi* di Eratostene, dove parlando appunto di Sirio si dice che si chiama con tal nome διὰ τὴν τῆς φλογὸς κίνησιν, cioè *pel movimento della luce*. Sull'interpretazione della parola σειριάει vedi una nota presso Humboldt, *Cosmos*, ed. Milano III, p. 260. Altri attribuiscono a questa parola il senso di *ardere* o *disseccare*.

Qui non v'è accenno a color rosso; anzi la forte scintillazione si potrebbe considerare come un argomento negativo, essendo certo, che le stelle bianche scintillano più fortemente che le altre, e specialmente più che le rosse.

Argomenti positivi invece si è creduto di trovare presso i diversi scrittori latini, che si occuparono a tradurre più o meno liberamente il poema d'Arato. In tesi generale è manifesto, che una traduzione accurata non può avere autorità maggiore che il suo testo, mentre una traduzione libera o negligente ha di certo un'autorità minore. Non è quindi permesso di appoggiarsi all'autorità di quei traduttori, se non in quanto si possa provare, che essi hanno *corretto* od *accresciuto* il testo di Arato colla scorta delle loro proprie osservazioni intorno al colore di Sirio. Esaminiamo come si presenti la questione per ciascuno di loro. Le citazioni sono fatte qui sull'edizione di Buhle, e le pagine si riferiscono al secondo volume di essa (1).

1. Cicerone rende così il passo di Arato relativo a Sirio (p. 13):

.... rutilo cum lumine claret
Fervidus ille Canis, stellarum luce refulgens.
Hunc tegit obscurus subter praecordia venter.
Nec toto spirans rabido de corpore flammam,
Aestiferos validis erumpit flatibus ignes;
Totus ab ore micans iacitur mortalibus ardor.

L'epiteto *rutilus* nel primo verso è stato interpretato come equivalente di *rosso* o *rosseggiante*. Il confronto col testo greco mostra però che il *rutilus* sta qui a rappresentare il ποικίλος d'Arato, che ha tutt'altro senso. Inoltre si noti che nei tre primi versi si parla di tutta la costellazione del Cane, non già di una particolare stella, precisamente come in Arato. A Sirio specialmente si accenna nei tre ultimi versi, dove si dice, che non tutto il corpo del Cane spira fiamma e calore, ma solo la bocca (dove appunto è Sirio). Quanto alla parola *rutilus* notiamo subito che spessissimo è impiegata dai poeti latini per indicare semplicemente l'idea di luce viva o di splendore, senza designazione di colore speciale. Cicerone stesso dice della Vergine a p. 22:

(1) *Aratea curavit*, J. T. Buhle. Lipsiae, 1793 e 1801. Due vol. in 8°.

.... vis torva Leonis,
Quem rutilo sequitur collucens corpore Virgo;

e a p. 25 dice del Cigno:

Hic se jam totum cœcas Equus abdit in umbras,
Quem rutila fulgens pluma praetervolat Ales;

nei quali luoghi *rutilus* non significa certamente color rosso. Pertanto è manifesto, che il passo qui sopra allegato non ha alcuna importanza per la questione che stiamo discutendo.

2. Germanico Cesare nella sua versione di Arato nulla accenna, descrivendo il Cane, del color rosso di questo, o di Sirio; ma pochi versi dopo, parlando della Lepre, dice (p. 80):

Auritum Leporem sequitur Canis, et fugit ille;
Urgetur cursu rutili Canis ille per aethram.

Si presentano qui precisamente le stesse riflessioni che per il passo di Cicerone. Il Cane designato è l'intiera costellazione, non una stella speciale. *Rutilus* pertanto significa qui null'altro che *splendido, brillante,* e non si potrebbe tradurre per *rosso.*

3. Rufo Festo Avieno ha fatto in versi esametri una parafrasi latina del libro di Arato, che è quasi lunga il doppio dell'opera originale. I seguenti versi trattano del Cane e di Sirio (p. 151):

.... Sic flammigero distinguitur astro 725
Aetheriae Canis ille plagae, cui plurimus ardor
Aestuat in mento; multus rubor induit ora;
Stridit anhelanti face pestifer; aera motu
Torret, et immodici terras coquit ignibus astri.
Hic varios ardet stellis rutilantibus artus; 730
Sed non est similis cunctis vigor; undique quippe
Alvus cyanea est; mento gravis effluit ardor
Qui formidato sub nomine Sirius aethram
Urit. Huic rutilos si Sol adflexerit axes,
Quantus corporibus, quantus labor imminet agris! 735

Qui il *plurimus ardor* del verso 726 e il *gravis ardor* del verso 732 sono riferiti al mento del Cane, cioè a Sirio senza

menzione di color rosso. *multus rubor induit ora* pare accenni al capo della figura in generale. Nullameno quand' anche si volesse riferire il *multus rubor* a Sirio, non per questo si avrebbe una prova del color rosso di questa stella. Infatti il poeta usa spesso le parole *rubor, rubens* per esprimere l' idea di luce intensa o di splendore. Egli attribuisce questa proprietà alle stelle d' Ofiuco (v. 232), a quelle di Cassiopea (v. 454), al rombo formato da quattro stelle del Delfino (v. 709). alle tre stelle della cintura d' Orione (v. 723), a tutto il Pesce Australe (v. 810). In questo ei non è solo fra i poeti latini; già Properzio aveva fatto rossa la Luna (lib. I, eleg. 10):

Et medius cœlo Luna ruberet equis;

e Virgilio aveva osato far rossa tutta la zona equatoriale del cielo (*Georg.* I. 234):

Quinque tenent cœlum zonæ, quarum una corusco
Semper Sole rubens, et torrida semper ab igni;

dal che incoraggiato Dante (*Purg.* IV-64) fece rosseggiare addirittura tutto lo zodiaco:

Tu vedresti il Zodiaco rubecchio
Ancora all' Orse più stretto rotare.

E si potrebbero citare molti altri esempi consimili.

Della parola *rutilus* Avieno poi fa un abuso straordinario; in tutto il poema, che è di 1325 versi, questa si trova applicata almeno quaranta volte ora alla luce del giorno, ora alla notte stellata. ora ai segni dello zodiaco: e spesso a stelle isolate, a gruppi di stelle, e ad intiere costellazioni. È manifesto che in tale stato di cose nessuno dei traduttori di Arato. e Avieno meno di tutti, può esser invocato come autorità per determinare qual fosse al loro tempo il colore di Sirio.

III. RUBRA CANICULA: ORAZIO E SENECA.

Orazio nelle *Satire* (lib. II. *Sat.* 5. verso 39) parlando dei calori estivi, ha l' espressione:

.... seu rubra canicula findit
Infantes statuas;

nella quale si è voluto vedere una indicazione del color rosso di Sirio. Si potrebbe tuttavia metterla nella medesima classe che le analoghe designazioni di *rutilus, rubens* usate dai poeti Aratei e da altri, come s'è veduto poc'anzi, ove ad appoggiarla non venisse una indicazione assai più precisa di Seneca il filosofo. Il quale nell'opera delle *Questioni Naturali* (Libro I, c. 1), parlando dei diversi colori che può prendere la luce dei corpi, dice: *Nec mirum est, si terræ omnis generis et varia evaporatio est; quum in cœlo quoque non unus appareat color rerum, sed acrior sit caniculae rubor, Martis remissior, Iovis nullus, in lucem puram nitore perducto.* In queste parole le quali sembrano derivare da un'osservazione attenta, la luce della Canicola è comparata con quelle di Marte e di Giove in modo da render difficile il ricusarsi a credere, che al tempo di Seneca la Canicola fosse d'un rosso intenso; il verso d'Orazio più sopra citato sembra aggiungere alle medesime non piccolo peso. Prima di decidere, sarà tuttavia bene discutere una questione pregiudiziale: è egli certo, che la *Canicula* qui menzionata sia veramente Sirio? A tale domanda, che forse farà inarcar le ciglia a più d'un lettore, la risposta non è così chiara, nè così semplice come da tutti generalmente si crede.

1. Giulio Igino nel suo *Poeticon Astronomicon*, trattato destinato alla mitologia delle costellazioni [1], narra la pietosa storia d'Icario (o Icaro, da non confondersi coll'altro Icaro, notissimo figlio di Dedalo) ateniese, ucciso per errore da certi pastori, e della sua figlia Erigone che per dolore s'appiccò volontariamente, e della loro cagna Mera (Μαίρα); aggiunge poi, che tutti da Giove furon cangiati in asterismi; ... *itaque complures Icarum Bootem, Erigonem Virginem nominaverunt... canem autem sua appellatione et specie caniculam dixerunt; quae a Graecis, quod ante majorem Canem oritur, Procyon appellatur.*

La leggenda d'Erigone era popolare presso gli Ateniesi, ed aveva dato origine ad alcune pratiche religiose destinate a commemorarla: ciò che suppone una certa antichità d'origine. Soltanto tardi però essa fu consacrata in cielo al modo indicato da Igino. Arato infatti, parlando di Boote non fa menzione d'Icario, e la Vergine zodiacale considera come la rappresentazione non di Erigone ma di Astrea, Dea della giustizia.

[1] Hygini, *Astronomica ex codicibus a se primum collatis recensuit* Bernhardus Bunte. Lipsiae, 1875, pp. 35-36.

associata ad alcun asterismo; se ne sbriga con un solo verso, dicendo che brilla sotto i Gemelli [1]. Io sono tentato di credere, che l'apoteosi di Erigone sia dovuta ad Eratostene, con-Procione poi è da lui considerato come una stella isolata, non temporaneo di Arato; il quale nel suo poema intitolato *Hermes* diffusamente trattò delle favole attinenti alle costellazioni; ed in altro poemetto speciale intitolato appunto *Erigone* trattò la leggenda di cui ci stiamo occupando [2]. Comunque sia di questo, è certo che già sulla sfera celeste d'Ipparco Procione rappresentava non soltanto la stella ancora da noi così chiamata, ma anche la piccola costellazione, cui essa appartiene [3]. Così pure sulle sfere celesti dei Romani ai tempi d'Augusto la cagnetta d'Erigone stava disegnata sotto la figura d'un piccolo cane, o piuttosto d'una *piccola cagna*, comprendente Procione con alcune stelle vicine; indi il nome di *Canicula* dato così alla stella, come all'asterismo. Il sesso non essendo discernibile sulla figura, molti cominciarono ad appellarla semplicemte il Cane minore (*Canis minor*), per distinguerla dal Cane ordinario (*Canis major*), analogamente a quanto fu fatto per le due Orse. La confusione del sesso fu agevolata da ciò che in latino la parola *Canis* può significare ugualmente *cane* e *cagna*. Varrone (*Rerum Rusticarum* II, c. 1) mostra di non ignorare, esser due i cani celesti, e non uno. Vitruvio nell'*Architettura*, libro IX, c. 7, descrivendo la sfera costellata, dice: *major item* (*Canis*) *sequitur minorem*. Igino, già citato, scrive a proposito della costellazione del Cane minore [4]: *Hic in lacteo circulo defixus, pedibus aequinoctialem circulum tangit, spectat ad occasum... omnino est stellarum III*. La denominazione di *Cane minore* è rimasta nell'Astrognosia e dura anche al presente. Il nome di *Canicula* poi appare etimologicamente giustificato coll'applicarlo alla cagnetta d'Erigone, cioè a Procione;

(1) Arati *Phaenomena*, v. 450.

(2) Tanto dell'*Hermes* che dell'*Erigone* sono restati pochi frammenti, raccolti e pubblicati da G. Bernhardy nel suo libro *Eratosthenica*, Berlino, 1822, pp. 110-167.

(3) Hipparchi *in Arati et Eudoxi Phaenomena* Lib. III, p. 241 nell'edizione di Petavio (*Uranologion*, ed. Paris, 1630). Anche Gemino conosce la costellazione di Procione.

(4) *Astronomica*, ed. Bunte, p. 96. Non cito i *Catasterismi* comunemente attribuiti ad Eratostene, essendo provato di essi, che sono una compilazione relativamente recente, fatta principalmente su di Igino.

mentre dalla sua applicazione a Sirio non riceve alcuna plausibile spiegazione.

2. L'autorità più importante su tale argomento è per noi quella di Plinio il Vecchio, il quale in diversi luoghi del libro XVIII della *Storia Naturale* esprime la sua opinione molto chiaramente. Nel capitolo 28 si hanno le seguenti indicazioni ... *Ab solstitio ad fidiculae occasum VI Kalendas Iulias Caesari Orion exoritur: zona autem ejus IV Nonas Assyriae, Aegypto vero Procyon matutino aestuosus, quod sidus apud Romanos non habet nomen, nisi Caniculam hanc volumus intellegi, hoc est, minorem canem, ut in astris pingitur, ad aestum magnopere pertinens sicut mox docebimus.* Da questo passo si conferma che per Plinio la Canicola era la costellazione del Cane minore, il qual nome egli pure si risolve a dare a Procione, forse per non chiamarlo *Antecanis* come aveva fatto Cicerone [1]. Secondo Plinio, *Procyon aestuosus* ha sull'estate un'influenza non minore che quella di Sirio. Alcune linee dopo: ... XVI Kal. Aug. *Assyriae Procyon exoritur, dein post triduum fere ubique confessum inter omnes sidus ingens quod Canis ortum vocamus, Sole partem primam Leonis ingresso:* e qui si distingue fra il levare del Cane (o di Sirio) e quello di Procione con intervallo di 3 giorni: onde falsamente alcuno ha argomentato [2] che Plinio abbia confuso questi due astri. Poco dopo: ... *In hoc temporis intervallo res summa vitium agitur decretorio uvis sidere illo, quod Caniculam appellavimus, unde carbunculare dicuntur, ut quodam uredinis carbone exustae*: da che si vede quali effetti dall'influsso di Procione i Romani temessero per la coltura delle viti.

Nel capitolo 29 dello stesso libro XVIII è esposta una singolare teoria degl'influssi dell'Aquila e della Canicola (Procione) sulla vegetazione. Plinio incomincia col descrivere il corso della Via Lattea, segnandone le intersezioni coll'equatore celeste nell'Aquila e nella Canicola, dov'erano e sono effettivamente ... *Est praeterea in cœlo qui vocatur lacteus circulus, etiam visu facilis. Hujus defluvio, velut ex ubere aliquo, sata cuncta lactescunt duorum siderum observatione, Aquilae in*

(1) *Antecanis, Graio Procyon qui nomine fertur. Aratea*, ed. Buhle, vol. II, p. 18.

(2) Salmasii, *Plinianæ Exercitationes in Solinum*, pp. 303-309 nell'edizione di Utrecht, 1689.

septentrionali parte, et in austrina Caniculae, cujus mentionem suo loco fecimus. Ipse circulus fertur per Sagittarium atque Geminos, bis aequinoctialem circulum secans, commissuras eorum obtinente hinc Aquila, illinc Canicula. Ideo effectus utriusque ad omnes frugiferas pertinent terras, quoniam in his tantum locis Solis Terraeque centra congruunt. Igitur horum siderum diebus si purus atque mitis aër genitalem illum lacteumque succum transmisit in terras, laeta adolescunt sata. Si Luna, qua dictum est ratione roscidum frigus adspersit, admixta amaritudo, ut in lacte, puerperium necat... E dopo parlato degli influssi dell'Aquila, entra a discorrere di quelli attribuiti alla Canicola fra i quali il più importante è quello concernente la ruggine (*robigo*) delle biade. *Rudis fuit priscorum vita atque sine litteris; non minus tamen ingeniosam fuisse in illis observationem adparebit, quam nunc esse rationem. Tria namque tempora fructibus metuebant, propter quod instituerunt ferias diesque festos, Robigalia, Floralia, Vinalia. Robigalia Numa constituit anno regni sui XI, quæ nunc aguntur a. d. VII Kal. Maias, quoniam tunc fere segetes robigo occupat. Hoc tempus Varro determinat Sole Tauri partem decimam obtinente, sicut tunc ferebat ratio. Sed vera causa est quod post dies undeviginti ab aequinoctio verno per id quadriduum varia gentium observatione in IV Kal. Maias Canis occidit, sidus et per se vehemens, et cui praeoccidere caniculam necesse sit. Itaque iidem Floralia IV Kalendas easdem instituerunt urbis anno DXVI ex oraculis Sibyllae, ut omnia bene deflorescerent. Hunc diem Varro determinat Sole Tauri partem XIV^{am} obtinente. Ergo si in hoc quadriduum inciderit plenilunium, fruges et omnia quae florebunt laedi necesse erit.*

Come si vede, per Plinio la *Canicula* è sempre dappertutto distinta dal *Cane*; essa è identica alla costellazione del Cane minore, e il suo nome è applicato a Procione, stella principale di quell'asterismo (1). I suoi effetti sulla natura non sono mi-

(1) Vi è tuttavia un passo (*Hist. Nat.* II, 47), che sembra contraddire a tutti gli altri: *Omnium quidem redire easdem vices quadriennio exacto Eudoxus putat, non ventorum modo, verum et reliquarum tempestatum magna ex parte. Et est principium lustri ejus semper intercalario anno, caniculæ ortu.* Generalmente si crede, che il principio dell'anno eudossiano fosse segnato, come per gli Egiziani, dal levare di Sirio (Boeckh, *Ueber die vierjährigen Sonnenkreise der Alten*, p. 50). Pertanto Plinio avrebbe designato qui, col nome di Canicola, Sirio e non Procione. La cosa si può spiegare senza troppa difficoltà, ammettendo che Plinio abbia tra-

nori di quelli attribuiti al Cane. Già i passi addotti qui sopra ne porgono un saggio: altri diversi se ne potrebbero recar in proposito, fra i quali scelgo uno solo (lib. II, c. 40): *Caniculae exortu accendi Solis vapores quis ignorat, cuius sideris effectus amplissimi in terra sentiuntur? fervent maria exoriente eo, fluctuant in cellis vina, moventur stagna etc.*

Quantunque in molti luoghi della sua grand'opera Plinio si mostri bene informato degli effetti analoghi del Cane o di Sirio sopra i più disparati fenomeni della natura, egli non sembra aver il più leggero sospetto che l'uno o l'altro potesse da altri al suo tempo esser considerato come l'equivalente della *Canicula*. Il Cane maggiore ed il minore, Sirio e la Canicula sono per lui ambedue apportatori di grande calore, di siccità, e sopratutto di calamità diverse.

3. Di questo medesimo parere sembra sia stato anche Cicerone, il quale di Procione dice nella sua versione di Arato [1]:

.... Procyon qui se se fervidus infert
Ante Canem....

applicando così a Procione la medesima denominazione di *fervidus*, data poco più sotto al Cane [2]:

Fervidus ille Canis toto cum corpore cedit,

Il testo d'Arato nulla ha per Procione, che corrisponda a *fervidus*: perciò sembra plausibile credere, che per Cicerone l'uno e l'altro Cane avessero influenze di natura analoga sull'accrescimento dei calori estivi: essi apparivano infatti al mattino a pochi giorni d'intervallo. Ma quello che per Cicerone è solamente probabile, è certissimo per Orazio, il quale nell'ode 29ª del libro III scrive sul ritornar della state:

.... Iam Procyon furit,
Et stella vesani Leonis,
Sole dies referente siccos.

scritto la notizia da un autore latino uso a riguardare Sirio e Canicola come sinonimi (quale fu Columella per esempio), senza verificare il significato preciso attribuito da quello al vocabolo *Canicula*, che per lui, Plinio, senza dubbio anche questa volta significava Procione. Nè è questo l'unico abbaglio di tal natura in Plinio; e basti per ora avervi accennato.

(1) Buhle, *Aratea*, vol. II, p. 24.

(2) *Ibidem*, p. 27.

Abbiam dunque qualche diritto di considerare non solo Plinio, ma anche Cicerone ed Orazio fra quei *complures*, che secondo Igino identificavano la Canicola con Procione. Questi *complures* poi dovevano esser tanti da non lasciare a Plinio il minimo sospetto, che potesse esistere, circa il significato della parola *Canicula*, un' opinione diversa dalla sua. Se un tal sospetto avesse sol potuto balenargli alla mente, non avrebbe parlato dell' identità di Procione e della Canicola in termini così semplicemente affermativi, com' egli ha fatto.

4. Tuttavia è indubitabile, che presso molti scrittori latini la parola *Canicula* rappresenta il Gran Cane, o la sua maggior stella, Sirio. È questo il caso, per esempio, di Manilio, di Columella, di Censorino [1]; a non parlare di quelli che come Palladio ammettevano addirittura due Canicole, rappresentate dai due Cani maggiore e minore [2]. Furon poi altri non pochi, che nominavano la Canicola per averla udita nominare da altri come astro di grande e pernicioso influsso, senza saper bene a quale stella del cielo veramente corrispondesse: e fra questi io temo s' abbian da mettere quasi tutti i poeti latini, se debbo credere a certi indizi. Quindi una grande confusione in tutta questa materia, la quale ora non è più possibile dilucidare intieramente.

Il genere femminile del nome *Canicula* indica abbastanza chiaramente, che cominciò ad essere usato quando a Roma fu conosciuta, nella sua forma genuina ed originaria, la pietosa leggenda d' Icario, d' Erigone e della loro cagnetta Mera, non che la relazione di tal leggenda colle costellazioni. Il diminutivo mostra bene che allora doveva *Canicula* esser sinonimo non già del Cane maggiore, ma del piccolo Cane, o di Procione. E come tale essa fu introdotta nelle feste religiose dei Romani. Nella solennità dei *Robigalia*, che si celebrava il 25 aprile per

(1) Per Manilio si confronti la descrizione del Cane maggiore contenuta nel suo poema astrologico, libro I, vv. 403-418. Per Columella in libro XI, cap. 2 dove... *Idibus Iuliis Procyon exoritur mane* e poco più sotto *Septimo die Kal. Augustas Canicula apparet*, indicando così manifestamente che nella mente dell'autore (o della fonte da lui riferita) *Procyon* e *Canicula* son due astri diversi. Per *Censorino* vedi la sua opera *De die natali* (c. 18 e 21), ove si pone a principio dell' anno egiziano il levare della Canicola, che non può esser qui diversa da Sirio.

(2) *De Re Rustica*, libro VIII, c. 6... *Scillam sub ortu canicularum lectam*... e libro XI, c. 12... *Si (cerasus) æstu canicularum fatigatur*...

salvare le messi dalla ruggine [1], si sacrificava alla Dea Robigine (secondo altri al Dio Robigo) fra le altre cose una *cagnetta rossa*. Ciò testificasi da varie autorità, e primieramente da Ateio Capitone, scrittore contemporaneo di Augusto. Secondo le citazioni riferite da Festo [2], *Rutilae canes, idest non procul a rubro colore immolantur, ut ait Ateius Capito, canario sacrificio pro frugibus deprecandæ sævitiae causa sideris Caniculae.... Catularia porta Romae dicta est, quia non longe ab ea ad placandum Caniculae sidus frugibus inimicum rufae canes immolabantur, ut fruges flavescentes ad maturitatem perducerentur*. Eccoci dunque arrivati proprio alla *rubra Canicula* di Orazio, il cui colore era certamente desunto dal colore della *robigo*. Il rito astronomico diventò popolare, e propagò l'idea che la stella dovesse esser rossa come l'animale che ne era l'immagine [3].

Ovidio sulla fine del quarto libro dei *Fasti* descrive la cerimonia cui accenna Capitone, della quale narra come testimonio oculare. Dice, che tornando a Roma da Nomento incontrò per via la processione dei *Robigalia*, diretta al bosco sacro della Dea Robigine. Compiuto che fu il sacrifizio di vino, d'incenso, delle interiora d'una pecora e di una cagna (*Canis obscœna*), Ovidio interroga il Flamine incaricato della cerimonia, domandandogli perchè il sacrificio così insolito di una cagna? Al che il Flamine risponde (vv. 939-942):

Est Canis, Icarium dicunt, quo sidere moto
Tosta sitit Tellus, praecipitatque seges.
Pro Cane sidereo, canis hic imponitur aris,
Et quare pereat nil nisi nomen habet.

(1) Vedi su ciò i passi più sopra riferiti di Plinio, secondo il quale tal solennità sarebbe stata instituita già da Numa.

(2) Sexti Pompeii Festi, *De verborum significatione* sotto le rubriche *Catularia porta* e *Rutilæ canes*.

(3) Lasciamo per parte nostra indeciso, se il *sacrifizio canario* a cui allude Ateio Capitone sia la stessa cosa che l'*augurium canarium* prescritto nei Libri Pontificali. Plinio H. N. XVIII, 3:.. Equidem ipsa etiam verba priscae significationis admiror: ita enim est in commentariis Pontificum: *Augurio canario agendo dies constituantur priusquam frumenta ruginis exeant et antequam in vaginis perveniant.* — Pare che l'*augurium* non avesse giorno fisso, mentre il *sacrificium* l'aveva; quindi si potrebbe concludere che non fosse la stessa cosa. Ma si potrebbe anche ammettere che l'ordinanza pontificale qui riferita abbia avuto appunto per risultato di fissare il *sacrificium* al 25 di aprile, data dei *Robigalia* al tempo di Plinio. Vedi qui sopra p. 198 (aggiunto il 6 aprile 1899).

Qui la rappresentazione simbolica della cagnetta rossa è indicata tanto chiaramente quanto si può desiderare.

Tali eran dunque le cose in origine. Ma siccome era da aspettarsi, fra due costellazioni rappresentanti il medesimo animale e dotate di simili influssi non tardò a nascer confusione presso le persone poco perite del cielo e delle minuzie rituali. Per esse un solo Cane finì per dominare i mesi estivi col suo ardore, e questo non poteva esser altro che il vecchio Cane d' Omero e dei poeti greci. Ad una delle più grandiose costellazioni del cielo di cui Arato aveva detto:

Ἡ δὲ Κυνὸς μεγάλοιο κατ' οὐρὴν ἕλκεται Ἀργώ

e alla stella più brillante del cielo, fu contro ogni convenienza applicato il nome diminutivo di *Canicula*: l' asterismo, dove tutti fin allora con Omero avevano riconosciuto il custode del gigante Orione, fu surrogato dalla cagnetta d' Erigone, mutata d' or innanzi in cane maschio. Igino scrive parlando del Cane maggiore (1) ... *alii autem Icari canem esse dixerunt*... E così s' intende come Columella per cui la Canicula era una cosa sola con Sirio, potesse scrivere nel suo poemetto *De cultu hortorum* (2), (vv. 400-401):

Cum Canis Erigones flagrans Hyperionis aestu
Arboreos aperit fetus....

pur alludendo al Cane maggiore e non al minore. Quindi consegue, che dalle allusioni, frequenti nei poeti latini, concernenti la favola d' Icario e d' Erigone non è permesso di decidere se per Cane Icario o Cane d' Erigone essi hanno inteso di designare il Cane maggiore od il minore. È probabile del resto, che alla maggior parte di quei poeti tale questione non importasse punto. L' *influsso estifero del Cane d' Erigone o del Cane d' Icario* era una frase fatta che l' uno poteva pigliar dall' altro senza più, insieme a tant' altre immagini dall' arsenale poetico di quei tempi.

La confusione pare sia giunta al punto da modificare l' antico rito dei *Robigalia*. Ai tempi di Ateio Capitone e di Ovidio

(1) Libro II, c. 35, p. 74 dell' ed. di Bunte.
(2) Forma il libro X dell' opera di COLUMELLA, *De Re Rustica*.

era uso che il sacrifizio si facesse sopra una cagna e non sopra un cane maschio. In conseguenza della confusione suddetta si perdette la purezza della tradizione e con essa quella del rito; già ai tempi di Vespasiano, se non prima, nelle *Robigalia* fu permesso di sacrificare un cane maschio, invece della cagnetta prima usata. Così almeno credo di dover intendere quanto scrive Columella nel suo poemetto già citato *De cultu hortorum*, (vv. 338-343):

Ipsa novas artes varia experientia rerum
Et labor ostendit miseris, ususque magister
Tradidit agricolis, ventos sedare furentes
Et tempestatem Thuscis avertere sacris.
Hinc mala Rubigo, virides ne torreat herbas,
Sanguine lactentis catuli placatur et extis.

Il qual passo riceve un' indiretta conferma dall' attestazione di Plinio contemporaneo di Columella circa l' uso dei piccoli cani nei sacrifizi: *Mares catuli placandis numinibus hostiarum vice tenentur; ergo non solum hortorum pestes sed etiam numinum iras catulis evitamus.*

5. Or basti di questi riti canicolari e ritorniamo ai testi di Orazio e di Seneca addotti in principio, come argomenti circa il color rosso di Sirio. Per quanto concerne Orazio, i versi già citati dell' ode 29ª del libro III:

.... Jam Procyon furit
Et stella vesani Leonis,
Sole dies referente siccos,

mostrano che egli era persuaso dell' influsso estifero di Procione cioè della stella rappresentante in cielo la cagna Mera di Erigone e in terra la cagna rossa dei *Robigalia*. Adunque nella sua *rubra canicula* che per effetto del calore *findit infantes statuas*, plausibilmente si potrebbe ravvisare la stella Procione. Per quanto sappiamo, questa non era rossa ai tempi d' Orazio, come non lo è adesso. Ciò non impedì il Poeta di applicare ad essa il color rosso della cagna Robigale, che simbolicamente la rappresentava. L' uomo che scrisse:

.... pictoribus atque poetis
Quidlibet audendi semper fuit aequa potestas,

non ha dovuto trovarsi imbarazzato per così poco. È dunque a credere, che il passo citato d' Orazio non si riferisca neppure a Sirio: dato però e non concesso, che nella sua *Canicula* si dovesse ravvisar Sirio, nulla si sarebbe guadagnato per il color rosso di questo, anche astraendo dal significato molto vago che le parole *ruber, rutilus* etc. sogliono avere nei poeti latini secondo quanto abbiamo mostrato più sopra.

6. Seneca nel libro IV, c. 2 delle *Questioni Naturali* seguendo l' esempio di tanti altri scrittori, mette in correlazione il principio della cresciuta del Nilo col levare eliaco della Canicola: *At Nilus ante ortum Caniculae augetur*. Non si può dubitare ragionevolmente che qui si tratti di Sirio e non di Procione, quantunque il levare eliaco di queste due stelle sotto il parallelo di Siene accadesse allora proprio nel medesimo giorno. Il celebre passo (*Quaest Nat.* I, c. 1), *quum acrior sit Caniculae rubor, Martis remissior, Iovis nullus*... si dovrà pertanto applicare a Sirio più probabilmente che a Procione. Dato che esso rappresenti il risultato di una propria e vera osservazione, non ne verrebbe però ancora la conseguenza, che fosse realmente Sirio più rosso di Marte ai tempi di Seneca.

Infatti, se l' autore di tale osservazione constasse esser stato una persona perita delle osservazioni celesti, essa costituirebbe un documento decisivo. Trattantosi però di un uomo degno sì di rispetto per molti titoli, ma della cui familiarità coll' aspetto del cielo è lecito dubitare, non sarà rigore soverchio il differire un giudizio definitivo; il quale dovrà coordinarsi con quello che sarà per risultare dall' esame complessivo di tutte le testimonianze. Negli antichi scrittori infatti non sono infrequenti allusioni a fenomeni astronomici così espresse, da costringere il lettore ad ammettere qualche abbaglio grave [1].

[1] Un tal caso per esempio sembra esser accaduto ad Euripide, quando affermò (*Ifigenia in Aulide* versi 6-8) che Sirio è vicino alle Plejadi, mentre realmente erano e son distanti fra loro quasi 60 gradi, cioè un terzo di tutta l' ampiezza del cielo visibile; sembra esser accaduto a Plinio, quando affermò (*Hist. Nat.* XVIII, c. 29) che Procione precede il Cane nell' occaso eliaco, mentre ai suoi tempi lo seguiva di circa un mese; e sembra esser accaduto ad Ovidio, quando afferma (*Fasti* IV, v. 924) che il Cane ha il suo levare eliaco alla fine di aprile, mentre ai suoi tempi lo faceva dopo la metà di luglio. Una vera disperazione pei commentatori sono i versi 237-238 libro IV delle *Georgiche*, dove Virgilio finge che le Plejadi al tramonto fuggano inseguite da un Pesce celeste; il quale poi non è visibile sull' orizzonte in alcun canto. Infatti è agevole convincersi

Qui però non è neppur necessario ricorrere all'ipotesi, che Seneca abbia errato nell'identificazione degli astri da lui nominati: la osservazione da lui citata ha potuto esser esatta, e Sirio tuttavia bianchissimo. Supponiamo infatti, che una persona pratica del cielo abbia fatto vedere gli astri a Seneca in un momento, in cui Marte e Giove essendo alti nell'emisfero, Sirio fosse basso ed immerso nei vapori dell'orizzonte. In conseguenza del noto fatto dell'assorbimento atmosferico, in virtù del quale il Sole e la Luna e le maggiori stelle appaiono rosse al levare ed al tramonto. Sirio poteva benissimo in quell'istante apparire più rosso di Marte e di Giove; ed indurre così Seneca ad una conclusione, alla quale non sarebbe mai giunto un osservatore avvezzo a considerare Sirio in tutte le posizioni che può prendere, e quindi anche presso la culminazione [1].

IV. ALTRE AUTORITÀ.

Dopo aver riferito e discusso le testimonianze di carattere affermativo che hanno dato luogo alla presente questione, dobbiamo pur tener conto di altre, che tenderebbero a risolverla nel senso negativo. Non si può aspettare che queste siano molte e molto decisive; se infatti Sirio non si differenziava pel colore dal più delle altre stelle, quale motivo poteva spingere uno scrittore ad affermare che una differenza non esisteva? Soltanto di eccezioni rare e notevoli si può aspettare, in questo genere di cose, una menzione speciale.

1. Il già citato scrittore d'astrognosia Giulio Igino [2], parlando della costellazione del Cane maggiore, dice: *Canis habet in capite stellam alteram, quam Isis suo nomine statuisse existimatur, et Sirion appellasse propter flammae candorem; quod eiusmodi sit, ut praeter ceteras lucere videatur. Itaque quo magis eam cognoscerent, Sirion appellasse.* Ecco uno scrittore, il quale è probabile consacrasse qualche studio alle costellazioni, affer-

con un globo, che al tramonto delle Plejadi tanto i Pesci zodiacali, quanto il Pesce australe e (se si vuole chiamarla anche un Pesce) la Balena, sono tutti nascosti sotto l'orizzonte.

(1) Il fatto della colorazione rossa degli astri maggiori presso l'orizzonte non era totalmente ignoto agli antichi. Plinio (*Hist. Nat.*, II, 18): *Color Solis, quum oritur ardens: post, radians.*

(2) *Poet. Astronomicon*, libro II, c. 35, p. 74, ed. Bunte.

mare che Sirio ai suoi tempi era *candido*. Quale poi fosse questo colore lo apprendiamo da un altro passo del medesimo Igino [1] ... *e quibus* (planetis) *esse maximum colore candido, nomine Hesperum*... Secondo Igino adunque Venere e Sirio avevano il medesimo colore [2].

2. Lo scoliaste anonimo, che corredò di suoi comenti la versione d' Arato fatta da Germanico Cesare, nota rispetto a Sirio quanto segue [3] ... *Sirius stella est in medio centro cœli, ad quam cum Sol accesserit, duplicatur calor ipsius, et languore afficiuntur corpora humana. Sirium autem stellam vocatam putant propter flammae candorem*... L' identità di quest' ultima espressione con quella usata da Igino lascia credere, che lo scoliaste dipenda da lui. Che cosa significhino le parole *in medio centro cœli* non sembra facile dichiarare.

3. Manilio nel suo poema astrologico, (libro I, vv. 403-418) descrive Sirio e le sue influenze come segue:

Subsequitur rapido contenta Canicula cursu,
Qua nullum terris violentius advenit astrum,
Nec gravius cedit, nec horrens frigore surgit. 405
Sic in utrumque movet mundum, et contraria reddit,
Nec vacuum Solis fulgentem deserit orbem.
Hanc qui surgentem, primo quam redditur orbi
Montis ab excelso speculantur vertice Tauri,
Eventus frugum varios, et tempora dicunt, 410
Quaeque valetudo veniat, concordia quanta.
Bella facit, pacemque refert, varieque revertens
Sic movet, ut vidit mundum, vultuque gubernat.
Magna fides hoc posse color, cursusque micantis;
In radiis vix Sole minor, nisi quod procul haerens 415
Frigida caeruleo contorquet lumina vultu.
Cetera vincuntur specie, nec clarius astrum
Tingitur Oceano, caelumve revisit ab undis.

La *fredda luce* dell' aspetto *ceruleo* di Sirio accennata (v. 416) subito dopo che si è parlato del suo colore, sembra indicare

(1) *Poet. Astronomicon*, libro IV, c. 15, p. 119, ed. Bunte.

(2) Isidoro nelle *Origini* lib. III, c. 47: parlando di Sirio: .... *hoc propter flammae candorem, quod eiusmodi sit, ut prae ceteris lucere videatur. Itaque quo magis eum cognoscerent, Sirion appellasse*.... Pare dunque che Isidoro abbia copiato Igino e molto fedelmente.

(3) Buhle, *Aratea*, vol. II, p. 77.

l' idea del poeta con sufficiente evidenza. Notiamo ancora l' espressione *clarius astrum* del verso 417. *Clarus* applicato alla luce d' un astro significa in generale *splendido*; in modo più speciale, *splendido di luce bianca*. Un altro esempio abbiamo in Seneca tragico (*Hippolytus*, v. 797): *Lucebit Pario marmore clarius*. Un esempio notabile di questo abbiamo in Plinio (*Hist. Nat.* II, 18), il quale parlando del color dei pianeti dice: *Suus cuique color est, Saturno candidus, Jovi clarus, Marti igneus*... Se Sirio fosse stato rosso al tempo di Manilio [1], avremmo dovuto veder qui impiegato con maggiore verità ed opportunità qualcuno degli epiteti *rubens, rutilus*... che sopra vedemmo tanto usati ed abusati da altri poeti.

4. Efestione Tebano, astrologo egizio, scrisse verso la fine del secolo IV di Cristo un trattato in tre libri intorno alla sua arte intitolato περὶ καταρχῶν, del quale soltanto diversi estratti sono fino ad oggi pubblicati. Fra questi è l' intiero libro primo recentemente edito a Vienna dal dott. Engelbrecht [2]. Il capitolo XXIII di questo libro tratta dei pronostici derivati dall' aspetto di Sirio nel suo levare eliaco e dalla posizione che gli altri pianeti occupano nel momento di questo levare [3]. Racconta Efestione, che gli antichi sapienti o diremo astrologi dell' Egitto (παλαιγενεῖς σοφοί), notando lo splendore ed il colore che mostrava Sirio nel suo sorgere eliaco la mattina del giorno 25 di Epiphi, giudicavano della quantità dell' imminente innondazione del Nilo, dell' abbondanza della messe, o di altri eventi. Lasciando stare questi pronostici come cosa che non appartiene alla presente materia, mi limiterò a trascrivere le designazioni dei vari aspetti secondo lo splendore e secondo il colore. Stando ad Efestione e ai suoi sapienti poteva dunque

(1) Circa l' età di Manilio non si accordano intieramente gli scrittori di storia letteraria, i più dei quali lo fanno contemporaneo d' Augusto, mentre alcun altro lo ha voluto portar giù fino ai tempi di Onorio. I versi 798-802 del primo libro sembrano indicare che Augusto fosse morto da poco tempo quando Manilio li scrisse, e ci riportano quindi all' epoca di Tiberio.

(2) *Hephæstion von Theben und sein astrologisches Compendium: ein Beitrag zur Geschichte des Griechischen Astrologie von dott. Aug.* Engelbrecht. Vi si contiene come appendice *Hephæstionis Thebani* περὶ καταρχῶν *Liber primus e codicibus parisinis nunc primum editus*. Il tutto stampato a Vienna dall' editore Carlo Konegen, 1887, 8° gr.

(3) Già Eraclide Pontico ricavava pronostici dal colore di Sirio al suo levare eliaco in ciascun anno. (Vedi Dewert, *Dissertatio de Heraclide Pontico*).

Sirio, nel momento del suo levare eliaco esser secondo le circostanze:

μέγας καὶ λευκός,	grande e bianco;
χρυσοειδής,	aureo;
πυρρὸς καὶ μιλτώδης,	rosso;
μικρὸς καὶ χλωρός,	piccolo e pallido:
μέγας καὶ λαμπρός,	grande e splendido;
μέλας,	fosco;
μικρὸς καὶ στυγνός,	piccolo e fosco;
σκοτεινός,	oscuro;

delle quali designazioni le quattro prime contengono indicazioni concernenti il colore della stella, che poteva, nei diversi tempi, mostrarsi all' orizzonte orientale *bianca, aurea, rossa* o *pallida*. Per giudicare del significato di queste indicazioni è necessario ricordare, che tali variazioni di luce e di colore hanno la loro origine nel diverso stato dell' atmosfera, la quale può col suo potere d' assorbimento cambiare lo splendore ed il colore di tutti gli astri vicini all' orizzonte, siccome è noto [1]. Il risultato di tale assorbimento è essenzialmente quello di sopprimere i raggi dell' estremità azzurra dello spettro in proporzione maggiore che i raggi dell' estremità rossa. Quindi gli astri di luce bianca ricevono una colorazione rossa più o meno intensa e un affievolimento più o meno grande di splendore, secondo che l' assorbimento si fa in maggiore o minore misura; il loro colore potrà variare dal bianco proprio dell' astro al rosso vivo. Una tale modificazione di colore sarà impossibile od almeno non così spiccata per gli astri naturalmente già dotati di luce rossa molto pronunciata. Per questi l' effetto principale sarà l' affievolimento di splendore; la colorazione rossa potrà esser resa ancora alquanto più intensa, ma non passare alle tinte della parte opposta dello spettro, nè produrre luce bianca: insomma il colore delle stelle non potrà in questo caso esser sensibilmente cambiato.

Applicando questi criteri alle osservazioni riferite da Efe-

(1) Le variazioni di colore del Sole secondo lo stato dell' atmosfera sono già indicate da Cleomede, lib. II, c. 1, (p. 132 edizione Ziegler) ... modo *albus*, modo *lividus*, modo *rutilus*, saepe etiam *miniaceus*, modo *sanquineus*, modo *flavus*, nonnumquam etiam *versicolor* aut *pallidus* ...

stione Tebano, subito si vedrà che il loro risultato è incompatibile colla supposizione che Sirio fosse d' un rosso tanto intenso da attrarre anche l' attenzione di filosofi come Seneca, o di poeti come Orazio. Noi comprendiamo benissimo, che un astro realmente bianco, quale oggi è Sirio, possa per effetto d' assorbimento atmosferico diventare qualche volta *rosso*, altre volte esser soltanto *aureo*, e in altre circostanze rimaner *bianco* o diminuire di splendore diventando *pallido*; tutti i giorni vediamo questi effetti nel Sole ed in Sirio medesimo. Ma ciò è manifestamente impossibile per una stella rossa e tanto più per una stella che secondo Seneca avrebbe dovuto esser più rossa di Marte. È dunque poco probabile, che al tempo dei *vecchi sapienti* citati da Efestione, Sirio fosse rosso in grado molto sensibile.

L' epoca dei *vecchi sapienti* Egiziani non sarà difficile a determinare. Efestione stesso nota, che essi avevano fissato il levare eliaco di Sirio pel giorno 25 del mese di Epiphi. Ciò dimostra senz' altro, che essi facevano uso del Calendario Alessandrino, il quale è una delle forme del Calendario Giuliano, e fu adottato in Egitto l' anno 30 prima di Cristo [1]. Tale fu appunto in questo Calendario, entro i limiti d' incertezza ammissibile in simili osservazioni, la data del levare eliaco di Sirio per il parallelo di Menfi e del medio Egitto. Ne concludiamo che i παλαιγενεῖς σοφοί citati da Efestione, coetaneo di Teodosio, non possono essere stati anteriori al regno d'Augusto; possono bensì esser stati posteriori anche d' uno o due secoli. Questo ci riporta sempre a tempi poco diversi da quelli di Cicerone, d' Orazio, di Seneca, di Germanico Cesare, e di Tolomeo.

5. Bisogna aggiungere qui il testimonio di Rufo Festo Avieno, che è il più chiaro ed inconfutabile di tutti. Questo poeta nella sua parafrasi dei *Pronostici* di Arato verso 51 dice:

Et quum cœruleo flagraret Sirius astro.

Citato dal vecchio Pauly nell' articolo *Annus* là dove si parla del ciclo di Metone.

[1] TOLOMEO nel suo opuscolo *Sulle apparenze delle stelle fisse*, dove fa uso del Calendario Alessandrino, stabilisce per il suo tempo il levare eliaco di Sirio al 22 Epiphi pel parallelo di Siene, e al 28 Epiphi pel paral-

V. SIRIO E MARTE.

L'intensità luminosa di Sirio è certamente comparabile a quella di Marte e tale pure abbiamo ragione di credere fosse all'epoca delle testimonianze che stiamo discutendo. Se il color rosso dei due fosse stato pure egualmente manifesto, sembra che le allusioni al rosseggiare di Sirio presso gli antichi scrittori dovrebbero esser altrettanto frequenti, che per il rosseggiare di Marte. La verità è che per Sirio non abbiamo indizi degni di qualche considerazione fuorchè presso Tolomeo, Orazio e Seneca, dei quali il valore è stato discusso; mentre per Marte tali indicazioni sono assai più numerose, e sopratutto più evidenti.

Già il nome stesso di πυρόεις, *infocato*, che davano al pianeta i Greci prima che si applicassero ad esso denominazioni tratte dalla mitologia religiosa, indica abbastanza il suo colore. Nella letteratura dei vecchi Rabbini esso è designato col nome di *Maadin*, rosso come sangue [1]. I nomi sanscriti di *Angaraka* (*angara*, carbone ardente) e di *Lohitanga* (*lohita*, rosso) sono egualmente significativi [2]. Il nome della stella rossa, che sta nel cuore dello Scorpione, era presso i Greci ἀνταρης, che indica il contrapposto o il parallelo di Marte. Come non fu applicato questo nome invece a Sirio, che in splendore è tanto più comparabile a Marte? Platone descrivendo le sfere planetarie sul fine del libro X della *Repubblica* allude al color rosso di Marte in modo non equivoco. Il rosseggiare di questo pianeta risulta pure da un passo dell'opera astronomica di Cleomede [3], dove afferma che il cuore dello Scorpione (Antares) e la lucida delle Hyadi (Aldebarano) sono simili a Marte nel colore, mentre di Sirio si tace affatto. Benchè negativo è questo un argomento di molta forza. Plinio ha notizie ugualmente

lelo d'Alessandria. La data del 25 Epiphi convien dunque benissimo al parallelo del medio Egitto. Questa data non si spostava allora che di una quantità insensibile per effetto della precessione equinoziale, e si può ritenere come affatto costante nell'intervallo qui considerato da Augusto a Teodosio.

(1) Riccioli, *Almagestum Novum*, I, p. 480.

(2) Humboldt, *Cosmos*, ed. francese di Milano, vol. III, p. 527.

(3) Cleomedis, *Cyclica Theoria corporum cœlestium*, libro II, c. 11.

chiare... *Martis sidus igne ardens* (*Hist. Nat.* II, 8) e poco più sotto... *suus cuique color est, Saturno candidus, Iovi clarus, Marti igneus* etc. Nei sei libri dell'opera attribuita a Manetone col nome di *Apotelesmatica* c'è addirittura una valanga di epiteti riferentisi al colore di Marte; oltre al solito πυρόεις, troviamo πυριλαμπής (IV, 112), αἰθαλόεις (IV, 319), πυριμαρμαρος (IV, 391), πυροβόλος (IV, 437), πυρφόρος (VI, 692). Tolomeo poi nel *Tetrabiblo* (libro I) definisce il colore di Marte colla parola πυρώδης e in un altro luogo (libro II) applica al pianeta lo stesso epiteto ὑπόκιρρος che suole usare per le stelle rosseggianti tanto nell'Almagesto che nel *Tetrabiblo*; seguito in ciò da Vestio Valente nella sua *Antologia astrologica* (1) e da molti altri.

VI. CONCLUSIONI.

1. La qualificazione ὑπόκιρρος applicata a Sirio negli Almagesti Greci non è confermata dagli Almagesti di tradizione arabica finora esaminati, ed è indirettamente smentita da quanto Tolomeo stesso scrive sui colori di alcune stelle nel *Tetrabiblo*. L'ipotesi di Schjellerup, secondo cui quel vocabolo in uno degli originari manoscritti sarebbe stato arbitrariamente surrogato alla vera dizione καὶ σείριος, acquista una certa probabilità.

2. Ai passi dei traduttori e parafrasti latini d'Arato, che furono allegati come documenti nella presente questione, non si può dare la più piccola importanza.

3. Si può considerare come certo, che originariamente presso i Romani *Canicula* indicasse la stella principale del Cane minore, cioè Procione; e che l'applicazione fatta più tardi di questo nome a Sirio, sia derivata da una confusione fra i due Cani celesti, il cui levare eliaco quasi coincideva colla stessa epoca del calendario, e si supponeva seguito da identici effetti sul clima, e sulla vita animale e vegetale.

4. L'epiteto di *rubra* applicato da Orazio alla *Canicula* (che per lui è probabilmente Procione e non Sirio) ha relazione colla cagnetta rossa che si usava sacrificare nelle *Robigalia*;

(1) Vestii Valentis *Antiochei ex primo libro Floridorum, De natura planetarum*, nella collezione di Gioachino Camerario intitolata *Astrologica*; Norimbergae, 1532.

della quale poi il colore assai più naturalmente si deriva da quello della ruggine (*robigo*), che da quello d'una stella qualsiasi.

5. L'osservazione citata da Seneca sul colore comparato della Canicola (Sirio?) di Marte e di Giove, può aver avuto un fondamento reale, senza che per questo siamo obbligati ad ammettere una mutazione nel colore di Sirio.

6. Presso Igino, Manilio, Efestione Tebano e Rufo Festo Avieno esistono indicazioni sul colore di Sirio, dalle quali è legittimo inferire, che nel primo secolo dell'èra cristiana il colore di questa stella non era molto diverso dal presente.

7- Quando si considera quanto numerose ed evidenti sono presso gli antichi scrittori le indicazioni di color rosso per Marte, il poco peso e la discordanza di quelle che riguardano il colore di Sirio non sono molto favorevoli all'ipotesi che esso sia stato mai diverso da quello che oggi si vede.

8. L'affermazione che verso i primi tempi dell'èra cristiana Sirio fosse colorato in rosso non è appoggiata a testimonianze sufficienti; la probabilità maggiore sembra anzi pendere verso l'affermazione contraria. Ad ogni modo sarà utile far diligenti ricerche nei testi non ancora esplorati dell'Almagesto, così greci, come arabi; ed ancora più importante sarà lo studio di tutti i codici antichi del *Tetrabiblo* [1].

---

[1] Vedi l'articolo di Knobel (Month. Not. XLV pp. 145-151) da cui parecchie rettificazioni e notizie si possono ricavare. Vi sono almeno due versioni arabiche dell'Almagesto, una delle quali è il M. S. Bodleiano e l'altra del British Museum citati ambi da Knobel nel luogo detto qui sopra.

XIII.

RUBRA CANICULA

NUOVE CONSIDERAZIONI SULLA MUTAZIONE DI COLORE CHE SI DICE AVVENUTA IN SIRIO

Dagli Atti della Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati di Rovereto. Serie III. Vol. III. Fascicolo I e II. — Anno 1897.

Tanto grande è la fecondità della produzione scientifica ai nostri giorni, che sempre più diventa difficile seguirne lo svolgimento e conoscere in tempo utile tutto ciò che è stato scritto sopra una data materia. Così è avvenuto che nel presentare a questa Accademia la mia memoria *Rubra Canicula* (pubblicata poi negli *Atti* del 1896), io ignorassi completamente che già fin dal 1892, in un periodico che si pubblicava a Northfield nello Stato di Minnesota (Stati Uniti) col titolo di *Astronomy and Astrophysics*, era uscita in luce una memoria del dott. T. J. J. See, dove assai ampiamente si trattava il medesimo argomento. Ed oggi ancora (dicembre 1896) non ne avrei notizia, se alcuni astronomi miei amici, ricevuto l'invio di *Rubra Canicula*, non mi avessero edotto della cosa. Io fui abbastanza fortunato per ottener subito da uno di essi lo scritto del dott. See, dove non senza qualche meraviglia trovai, che appoggiandosi sopra documenti in gran parte identici a quelli da me raccolti, egli è arrivato ad una decisione affatto opposta alla mia, ed ha concluso doversi considerare come cosa indubitabile che verso il principio dell'èra Cristiana, ed anche prima, Sirio era rosso e non bianco (1).

Trattandosi dell'esame di antichi testi, i quali per lo più in simili materie ammettono una latitudine più o meno grande d'interpretazione, non è possibile dare alle dimostrazioni tutto il rigore matematico; e il risultato non può essere che una probabilità maggiore o minore, che da diversi giudici può esser diversamente giudicata. In tale diversità di opinioni suole

(1) T. J. J. See, *History of the color of Sirius* nel periodico *Astronomy and Astrophysics*, vol. XI, 1892, pp. 269-274 e 372-386. Northfield, 1892.

avvenire che ciascuno dei due avversari, anche dopo conosciuti tutti gli argomenti dell'altro, rimane del parere di prima. Così è avvenuto a me, e così probabilmente avverrà al dott. See. Non può esser pertanto mia intenzione di far un esame critico delle sue ragioni, intavolando una discussione che potrebbe costare molto tempo e molto lavoro e forse poi anche non condurre ad alcun risultato decisivo. Ma nel lavoro del dott. See si contengono alcuni fatti da me prima ignorati, o da me taciuti come poco rilevanti per la questione. Su questi io intendo fermare l'attenzione con alcune brevi note, le quali, formando supplemento alla memoria precedente, la renderanno completa per quanto mi è possibile. In tal modo, dopo che ciascuno di noi avrà fatto un'esposizione integrale di ciò che si può dire in favore del suo modo di vedere, il lettore imparziale potrà dal canto suo estimare le probabilità relative dell'una e dell'altra opinione, e decidere con piena cognizione di causa.

VII. SIRIO NELL'ILIADE.

In tre luoghi di questo poema è fatta allusione a Sirio, che qui si riferiscono nel testo loro originale e nella versione del Monti.

ILIADE V, vv. 4-7:

δαΐέ οἱ ἐκ κόρυθός τε καὶ ἀσπίδος ἀκάματον πῦρ,
ἀστερ' ὀπωρινῷ ἐναλίγκιον, ὅς τε μάλιστα
λαμπρὸν παμφαίνῃσι λελουμένος Ὠκεανοῖο·
τοῖόν οἱ πυρ δαΐεν ἀπο κρατός τε καὶ ὤμων.

Ibid. XI, vv. 61-63:

Ἕκτωρ δ' ἐν πρώτοισι φέρ' ἀσπίδα πάντοσ' ἐΐσην
οἷος δ' ἐκ νεφέων ἀναφαίνεται οὐλιος ἀστὴρ
παμφαινων, τοτε δ' αὖτις ἐδυ νέφεα σκιόεντα,
ὡς Ἕκτωρ κ. τ. λ.

ILIADE XXII, vv. 25-32:

τὸν δ' ὁ γέρων Πρίαμος πρῶτος ἴδεν ὀφθαλμοισι,
παμφαίνονθ' ὥς τ' ἀστέρ' ἐπεσσυμένον πεδιοιο,
ος ῥά τ' ὀπωρης εἶσιν· ἀρίζηλοι δέ οἱ αὐγαὶ
φαινονται πολλοῖσι μετ' ἀστρασι νυκτὸς ἀμολγῷ,
ον τε κύν' Ὠρίωνος ἐπικλησιν καλεουσι.
λαμπρότατος μὲν ο γ' ἐστὶ, κακὸν δέ τε σῆμα τετυκται,
καί τε φέρει πολλὸν πυρετὸν δειλοῖσι βροτοῖσιν.
ὣς τοῦ χαλκὸς ἐλαμπε περὶ στηθεσσι θέοντος.

MONTI V, vv. 4-9:

Lampi gli uscian dall'elmo e dallo scudo
D' inestinguibil fiamma, al tremolio
Simigliante del vivo astro d autunno,
Che lavato nel mar splende più bello.
Tal mandava dal capo e dalle spalle
Divin foco l' eroe.

Id. XI, vv. 84-90:

Maestoso fra tutti Ettor si volve
Coll' egual d' ogni parte ampio pavese.
E qual di Sirio la funesta stella
Or senza vel fiammeggia ed or rientra
Nel buio delle nubi, a tal sembianza
Or nelle prime file, or nell' estreme
Ettore comparia,

Id. XXII, vv. 30-40:

. . Primo lo vide,
Precipitoso correre pel campo
Priamo, e da lungi folgorar, siccome
L'astro che Cane d' Orïon s' appella,
E precorre l' Autunno; scintillanti
Fra numerose stelle in densa notte
Manda i suoi raggi; splendidissim' astro,
Ma luttuoso e di cocenti morbi
Ai miseri mortali apportatore.
Tal del volante eroe sul vasto petto
Splendean l' armi.

In tutti e tre questi passi si fa comparazione dello splendore di Sirio col luccicar delle armi di un guerriero, il quale nel primo caso è Diomede, nel secondo Ettore, nel terzo Achille: tutti e tre in atto di combattere o di prepararsi al combattimento. Or qual è la ragione, per cui qui s' introduce Sirio piuttosto che un'altra stella? Il dott. See crede di trovarla nel *colore* della stella, il quale sarebbe stato simile a quello delle armi luccicanti, simile cioè a quello del χαλκός, che il See traduce per *rame*. La ripetuta menzione del πῦρ nel primo dei tre passi accennati è per lui argomento incontrastabile che il colore della stella fosse rosso come fuoco, *fiery red*.

Questo ravvicinamento è certo assai ingegnoso; ma è permesso dubitare che il poeta l'avesse sott' occhio nello scrivere quei versi. Il chiaro nostro collega prof. Francesco Cipolla, il quale si è interessato vivamente a questi miei studi, mi scrive su tale proposito con competenza ben maggiore di quella che io potrei avere in simile materia: « Quello che spiccava nell' astro, era lo splendore, non altro. Diomede si distingueva fra tutti gli Argivi: ἐκδηλον μετὰ πᾶσιν Ἀργειοισι (Il. V, 2-3), appunto come Sirio si distingue per la sua luce tra l' altre stelle, come è detto in Il. XXII, 27: ἀρίζηλοι δέ οἱ αὐγαι φαίνονται πολλοῖσι μετ' ἀστράσι. L' immagine del *fuoco* non credo che accenni punto a colore *rosso*: si parla di *fuoco* che *arde*, πῦρ δαῖεν; *fuoco inestinguibile*, ἀκάματον πῦρ. Insomma il poeta guarda allo splendore fiammeggiante e non al colore. E il *tremolìo* del Monti è felice interpretazione. Aggiungo: λαμπρός è aggettivo applicato da Omero anche al Sole (p. e. Il. I, 605), e spesso alle armature. Or bene questo ci mostra che il nucleo, a così dire, del paragone tra Sirio e l' armatura di Diomede era il λαμπρον, che non accennava a *colore*, ma a *splendore*, e se mai, a splendore *candido*. Così dicasi del λαμπρότατος di Il. XXII, 30 ». Rispetto al colore delle armature il Cipolla scrive: « Io credo che il χαλκός delle armature non fosse il *rame* ma il *bronzo*. Gli studii linguistici, archeologici, filologici concorrono, per quanto a me pare, a provar questo assunto; di che io ho parlato nel mio scritto *Dei prischi Latini e dei loro usi e costumi*, inserito nella *Rivista di filologia e d' istruzione classica* di Torino [1]. Lo scritto è vecchio, ma non credo di dover cambiare quello che allora ho detto ».

[1] Anno VII, fasc. I e II, luglio-agosto 1878, pp. 6 e segg.

Non è necessario che io attesti qui il mio completo assenso alle dichiarazioni sopra esposte dal nostro illustre collega. Un' altra ragione per cui tre volte Omero è stato condotto a comparare con Sirio il scintillare delle armature di quei guerrieri, parmi si possa dedurre agevolmente dal secondo e dal terzo dei passi sopra addotti, dove si fa particolare menzione della maligna influenza della stella. Quando il poeta chiama Sirio stella funesta (οὔλιος ἀστήρ) e di cattivo augurio (κακὸν δέ τε σῆμα τέτυκται) egli vuole, secondo ogni apparenza, indicare che quel scintillìo annunziava grande sciagura agli avversari che loro stavan di fronte. Il poeta, che secondo Orazio *nil molitur inepte*, avrebbe certamente accennato al colore, se al colore avesse posto mente nel fare quelle comparazioni.

Ma concediamo pure, che qui si tratti veramente di color rosso. Nel primo dei passi surriferiti Omero dice espressamente che Sirio è più luminoso quando si è lavato nelle acque dell' oceano. Questa, come giustamente osserva il dott. See, è una pura illusione dovuta alla maggior forza con cui le stelle scintillano presso l' orizzonte; l' agitazione della stella fa parere più intenso il suo fiammeggiare, qualunque del resto sia il suo colore. Adunque nella mente del poeta, Sirio si mostrava nella massima magnificenza al suo levare, cioè nel tempo appunto, in cui può apparire effettivamente rosso anche a noi in conseguenza dell' assorbimento atmosferico. Le comparazioni di Omero si riferirebbero in ogni caso a questo speciale aspetto della stella e nulla proverebbero circa il suo colore vero, quale prossimamente appare intorno alla culminazione nei nostri climi.

Concludiamo dunque, che in questi passi dell' Iliade tutto si può ragionevolmente spiegare senza ammettere che Sirio ai tempi d' Omero avesse un colore diverso dal presente.

VIII. SIRIO, STELLA ARDENTE.

All' epoca d' Omero (che supponiamo precedesse di circa nove secoli l' èra volgare) e sotto il parallelo della Grecia, Sirio usciva dai raggi solari e cominciava ad essere visibile al mattino circa 25 giorni dopo il solstizio estivo, nella stagione che secondo il nostro calendario corrisponderebbe alla metà di luglio. Nel primo e secondo secolo di Cristo la medesima

fase aveva luogo intorno al 25 di luglio per lo stesso clima. Noi possiamo dunque ammettere che per tutto l'intervallo dai tempi di Omero a quelli di Tolomeo l'apparizione mattutina di Sirio avesse luogo circa un mese dopo il solstizio estivo, che è l'epoca dell'anno, nella quale sogliono manifestarsi i calori più opprimenti della state.

A partir da quell'epoca brillava dunque Sirio nel cielo mattutino, prima per pochi minuti, poi per una parte sempre più considerabile della notte. Incominciava allora pei Greci d'Omero la stagione dei frutti, detta ὀπώρα, che durava fino al novembre, occupando la parte più grave e malsana dell'estate e tutto intiero l'autunno. Quindi il nome di ὀπωρινὸς ἀστήρ con cui Omero designa Sirio nel primo dei passi dell'Iliade qui sopra allegati (1).

Seguendo il pregiudizio popolare diffuso in tutta l'antichità classica, i poeti greci e latini attribuirono ad influsso degli astri la causa di molti fenomeni naturali che si manifestavano dopo l'apparizione dei medesimi o nell'epoca della loro maggiore visibilità notturna. Di qui le numerose allusioni al *nemboso Orione*, alle *Hyadi tristi* o *pluvifere*, al *gelido Arturo*. In simil guisa Sirio fu incolpato degli ardori della state e della siccità delle campagne; al suo esiziale influsso furono attribuite le febbri che nei luoghi paludosi si manifestavano dopo il culminar del caldo, ed altri effetti ancora che si possono veder descritti in parecchi scrittori e nominatamente in Plinio. Questa, e non il color rosso della stella, è l'origine degli epiteti di *ardente, disseccante, infocato, estifero, protervo, rabbioso*... applicati spesso dai classici autori quando parlano di Sirio. Di questi il dott. See ha citato un certo numero a sostegno della sua opinione dell'antico rosseggiare della stella, e con molta facilità avrebbe potuto accrescerne il catalogo (2).

(1) La parola *autunno* con cui il Monti traduce l'ὀπωρα di Omero non è perfettamente esatta, come si vede: ma non era possibile far meglio. Nel passo del libro XII qui sopra citato egli ha cercato di compensare questa piccola infedeltà con un'altra che ne distruggesse l'effetto. In vero il dire col Monti che l'apparizione di Sirio *precorre l'autunno* è esatto. Omero aveva detto che sorge coll'ὀπώρα; ed è vero anche questo. Sul significato della parola ὀπώρα presso diversi scrittori ed in diversi tempi vedi Ideler, *Handbuch der Chronologie*, vol. I, pp. 214 e segg.

(2) I passi citati dal dott. See sono, oltre ai due di Omero (Il. V e Il. XXII) già discussi nell'articolo precedente, questi altri: Esiodo (*Opp. et*

Nè più difficile sarebbe formare un altro catalogo di luoghi classici, dove gli epiteti sopradetti si applicano al Sole o ad altri oggetti di colore certamente diverso dal rosso. Ma non mi pare che sia utile discutere più oltre sopra una classe di testimonianze, dalle quali non è probabile possa mai derivare alcuna luce sulla presente questione.

Un solo passo sembra meritare qualche attenzione: ed è quello dove Plinio, parlando dei colori dei pianeti, dice: *Color Solis quum oritur, ardens: postea radians.* Questa è una delle mille occasioni in cui Plinio sembra voglia oscurare l'espressione del proprio pensiero coll'uso di vocaboli male appropriati. Chi ha mai saputo che fra i colori esista il colore *ardente* e il colore *radiante*? L'osservazione diretta del fatto ci avverte, che qui *ardente* sta per rosso e *radiante* pel colore della luce bianca del Sole meridiano; ma se ciò non fosse, chi ne capirebbe qualche cosa? Non può dunque Plinio fare autorità per indurci a ravvisare nella parola *ardens* l'equivalente di rosso. Che *ardens* tragga seco l'idea di *calore* e non di *colore* era certamente noto agli antichi; i quali dall'esperienza dei metalli roventi e dei carboni in combustione avevano appreso benissimo, che il calor bianco è accompagnato da una temperatura più elevata che il calor rosso [1].

IX. GEMINO.

Questo scrittore, del quale si ritiene comunemente che vivesse sul principio del secolo che precedette l'èra volgare,

Dies, 685): Euripide (*Hecuba*, 1080): Apollonio Rodio (*Argon.* II, 517): Arato (*Phaen.* 331): Virgilio (*Georg.* IV, 325): Orazio (Od. I, 18 e III, 13): Manilio (*Astron.* V, 17 e 208): Columella (*De cultu hort.* 286): Plinio (*H. N.* II, 47 e VIII, 63). Vi si può aggiungere: Esiodo (*Scut. Herc.* 153 e 397): Arato (*Phaen.* 596): Quinto Smirneo (*Paralip.* VIII, 30): Nonno Panopolita (*Dionys.* XLVII, 254): Tibullo (I. *Eleg.* IV, 6 e 42): Properzio (II. *Eleg.* XXVIII, 4): Persio (*Sat.* III, 5): Lucano (*Phars.* X, 211): Silio Italico (*Pun.* I, 256): Stazio (*Sylv.* lib. I, III, 5: lib. II, I, 216: lib. III, I, 54): Seneca tragico (*Herc. Oet.*, 68): Columella (*De cultu hort.* 400): Marziale (Epigr. IV, 66): Palladio (*De Re Rust.* XI, 12): Nemesiano (*Laudes Herc.*, 124): Rutilio Namaziano (*Itiner.* I, 479 e 638): Ausonio (*Eclog.* III, 10 e *Eidyll.* VIII, 16): Claudiano (*Eidyll.* VI, 33 e VI, 92 e parecchi altri luoghi). Nè la lista è completa: ma a che può servire il prolungarla?

[1] V. su ciò la curiosa teoria dei colori di Democrito presso Teofrasto, *De Sensibus*, pubblicata da Diels nei suoi *Doxographi Graeci*, p. 521.

ha nel Capitolo XIV dei suoi *Elementi d'astronomia* il seguente passo, che riferiamo sull'edizione datane dal Petavio [1] nel suo *Uranologion*: ὅσοι μέντοι γε τῶν ποιητῶν καὶ φιλοσόφων τὴν δυναμιν ἐπιστάσεως τῶν καυματων τῷ κυνὶ προσάπτουσι, πολὺ τῆς ἀληθείας καὶ τοῦ φυσικοῦ λόγου πεπλανημένοι εἰσίν. ὁ γὰρ ἀστὴρ οὗτος τῆς αὐτῆς οὐσιας κεκοινώνηκε πᾶσι τοῖς ἀστροις. εἴ τε γὰρ πυρινά ἐστιν, εἴ τε καὶ αἰθέρια τα ἄστρα, την αὐτὴν ἔχει δυναμιν πάντα, καὶ ὀφείλει κατακρατεῖσθαι ὑπὸ τοῦ πλήθους τῶν ἄστρων ἢ ἀπὸ τοῦ κυνὸς ἀποφορά. La versione latina di Edone Ilderico dice: *Verumtamen qui ex poetis atque philosophis vim intensionis aestuum Cani adscribunt, hi multum a veritate et naturali doctrina aberraverunt. Haec enim stella eandem naturam sortita est cum omnibus stellis. Sive enim ignea sunt, sive aetherea astra, eandem omnia habent vim, et debet vinci a multitudine astrorum defluxus a Cane.*

Da questo luogo vorrebbe inferire il dott. See, che al tempo di Gemino Sirio fosse rosso, ed a ciò tende col seguente ragionamento: « Egli è evidente che πυρινα si riferisce alle stelle rosse ed αἰθέρια alle stelle bianche. Gemino quindi afferma indirettamente, ma in modo deciso (emphatically), che Sirio è πύρινος, mentre la moltitudine delle altre stelle sono αἰθέρια. *Ma tutte le stelle hanno il medesimo potere*; ed egli conclude giustamente che una stella rossa come Sirio non esercita sulla Terra una influenza maggiore che una bianca. Il contrasto fra il colore di Sirio e quello della moltitudine è perfettamente distinto, e poichè le parole qui sopra citate sono di un astronomo di professione, non si può dubitare che elle non siano degne di fede. A mio avviso questo passo basta da sè solo per dare una prova concludente dell'antico rosseggiare di Sirio ».

Non credo che molti sottoscriveranno a questo modo d'interpretazione; tuttavia bisogna dire che ha qualche cosa in suo favore. Infatti l'ultima frase di Gemino in cui si dice che l'influsso di Sirio dovrebbe esser soprafatto da quello di tutte le altre stelle, sembra supporre *che questi due influssi siano di natura diversa*. Ma due linee prima Gemino afferma che Sirio ha una natura comune a tutte le altre stelle. Se la natura è comune, dev'esser anche uguale l'influsso: se Sirio è causa

(1) L'*Uranologion* del Petavio forma il III volume della sua notissima opera intitolata *Doctrina temporum*. Ho avuto sott'occhio le due edizioni che se ne fecero a Parigi nel 1630 e a Venezia nel 1736.

di maggiore intensità di calore, molto maggiore aumento di quest' intensità deve produrre l' azione complessiva di tutte le altre stelle [1].

Quindi segue che non dobbiamo interpretare il κατακρατεῖσθαι come se l' influsso di Sirio fosse superato dall' influsso *contrario* delle altre stelle; invece è da intendere, che l' influsso di Sirio come stella unica, è tanto dominato dalla somma di tutti gli influssi *uguali al suo* delle altre stelle, da non contare per niente. Leggasi con attenzione tutto il Capitolo XIV di Gemino, e si vedrà che la cosa non può essere intesa diversamente.

Rispetto alle qualificazioni πυρινα, αἰθέρια sarà utile ricordare che ai tempi di Gemino due erano le opinioni predominanti fra i fisici sulla natura delle stelle. Gli uni con Platone e con la maggior parte dei filosofi più antichi le supponevano di natura ignea: gli altri con Aristotele e con Posidonio le supponevano formate dal quinto elemento, cioè dall' etere [2]. Quando pertanto Gemino dice che gli astri possono essere, o di natura ignea, o di natura eterea, non dobbiamo intendere che parte di essi sian dell' una e parte dell' altra natura, ma che *tutti sono dell' una o tutti dell' altra*; e quando si dice *tutti*, s' intende compreso anche Sirio: ὁ γὰρ ἀστὴρ οὗτος τῆς αὐτῆς οὐσίας κεκοινώνεκε πᾶσι τοῖς ἀστροις. Non si pone qui alcuna diversità di natura o d' influssi, anzi si afferma con forza che una tale diversità non esiste.

Finalmente è da notare, che le parole πυρινος, αἰθέριος non possono aver alcuna relazione col colore rosso o bianco delle stelle. Infatti se così fosse, ne dovremmo concludere che a Platone le stelle sembravan tutte rosse, e che Aristotele e Posidonio ignoravano l' esistenza di stelle non bianche; delle quali cose la prima è assurda, la seconda inverosimile.

Nulla dunque il Capitolo XIV di Gemino ci può insegnare rispetto al colore di Sirio.

(1) Ciò risulta indicato manifestamente da Gemino nel progresso del suo discorso: *Quod autem haec stella non sit causa intensionis aestuum, ex iis quae dicentur erit manifestum. Primum enim saepe coorientur cum Sole et plures et maiores stellae, et nullam efficiunt sensibilem varietatem, sed interdum in ortibus et occasibus earum tempestates fiunt, et venti frigidi spirant, tanquam hi ortus et occasus nihil conferant ad intensionem aestuum.*

(2) Vedi su ciò DIELS, *Doxographi Graeci*: Berolini, 1879, pp. 341-343 e 466.

X. LA DIVINA SOTHIS.

La coincidenza approssimativa del levare eliaco di Sirio col principio dell'inondazione del Nilo aveva condotto già da tempo immemorabile gli Egiziani a considerare questi due fenomeni nella relazione di causa ed effetto. Divinizzata sotto il nome di *Sothis*, la stella fu considerata come una forma o una manifestazione della Dea Iside, e diventò celeberrima nella liturgia egiziana. Il prof. Brugsch così scrive su questo argomento nella sua recente opera sulla *Religione e sulla Mitologia degli antichi Egiziani* (1): « L'apparizione d'Iside al mattino sotto forma della stella Sothis, che annunziava non soltanto il principio del nuovo anno, ma anche il cominciare della piena del Nilo, aveva un alto significato simbolico, che stava in intima relazione coll'essenza di quella divinità... In vari templi dell'Egitto (a File, a Siene, ad Edfu, e a Dendera) speciali onori si rendevano ad Iside-Sothis e speciali altari erano ad essa consacrati; innumerevoli iscrizioni ne celebravan la lode ». E altrove (2): « Le iscrizioni del tempio di Dendera non rifiniscono mai di celebrare la Dea Sothis di Elefantina (*Satit*), *la signora del principio dell'anno, che a suo tempo fa inondare il Nilo* ». Una di queste iscrizioni è degna di particolare attenzione, come quella che assimila Sothis alla Dea *Hatit* della grande Apollinopoli (3). Secondo il Brugsch *Hatit* significherebbe in egiziano *bianca* o bianco-splendida (4): ovvio è il domandarsi, se qui per caso non si nasconda appunto un'allusione al colore della stella.

Nella stessa opera (5) il Brugsch ha raccolto una lunga serie di titoli e di designazioni date alla Dea Iside nei monumenti egiziani e specialmente nelle iscrizioni che adornano esternamente ed internamente il tempio di Dendera. Ne trascrivo qui in italiano la parte che concerne Iside-Sothis. Essa

(1) H. Brugsch, *Religion und Mythologie der alten Aegypter*, p. 648. Leipzig, 1888.
(2) *Ibid.* p. 301.
(3) *Ibid.* p. 301.
(4) *Ibid.* p. 301.
(5) *Ibid.* p. 646.

è dunque: *l'occhio destro di Ra: il diadema sulla fronte di Ra: la regina dei 36 decani* (o divisioni del cielo stellato): *la stella che annunzia il primo giorno dell'anno: la signora del principio dell'anno: quella che occupa nell'etere il posto più degno: quella che produce il levare del Sole: la signora del cielo: la sublime nel cielo: quella che riluce nel cielo appresso Ra: quella che irradia come oro: l'aurea Sothis: la più lucida delle lucide* ecc.

Fra questi appellativi si noteranno quello di *aureo-raggiante* e quello di *aurea*, i quali potrebbero pur avere qualche relazione col colore della stella. Anche alla luce del Sole si dava il medesimo appellativo. Cito ancora il Brugsch [1]: « il Sole a cagione del suo splendore viene per lo più paragonato collo splendore dell' oro e quindi in cento iscrizioni celebrato come *il gran disco solare d' oro purissimo*. In altre iscrizioni e principalmente in nomerosi testi di Dendera e di Edfu è spesso detto *splendente come oro*. In una iscrizione delle tombe tebane si trova: *Salute a te, Fta di Menfi, gran Sole dai raggi d'oro* ecc. ». Anche questa assimilazione della luce di Sothis a quella del Sole potrebbe esser non intieramente priva di significato per la questione che ci sta occupando.

Non ignoro però, con quanta cautela si debba far uso di testi scritti in istile poetico sopra argomenti di carattere religioso in una lingua di cui anche oggi, malgrado tutti i progressi fatti, è ancora impossibile apprezzare tutte le gradazioni di significato. Non potendo usare di criterio proprio in una materia così difficile, così lontana da' miei studi ordinari, mi son fatto animo ed ho pregato il prof. E. Schiaparelli, Direttore del Museo d' antichità di Torino, affinchè colla grande competenza che lo distinque in queste materie, volesse fare un esame delle iscrizioni nel loro originale geroglifico; cosa meno difficile ora, che tutte le numerosissime iscrizioni del tempio di Dendera sono pubblicate con ogni cura [2]. Egli aderì al mio desiderio, e mi mandò sull'argomento una breve nota, che col suo consentimento qui sotto si riproduce. Io aggiungerò soltanto, che l' epoca delle iscrizioni in questione è approssimativamente conosciuta: perchè secondo le ricerche di Dümi-

(1) H. Brugsch, *Religion und Mythologie der alten Aegypter*, pp. 276-277. Leipzig, 1888.

(2) Per opera di Mariette-Bey e di vari altri collaboratori in quattro grossi volumi, 1870-1883.

chen [1] la costruzione del tempio ha durato circa 200 anni dal 117 avanti Cristo fino al 98 di Cristo.

« Nei testi delle piramidi è più volte nominata Sothis: ma nulla può arguirsene sul colore di essa.

« Nemmeno dalle iscrizioni di Dendera può aversi in proposito alcuna indicazione diretta; sebbene possa indirettamente supporsi che nelle iscrizioni stesse sia attribuito a Sothis il fulgore dell' oro.

« È certo che a Dendera, più che in ogni altro tempio, Iside-Hathor era adorata sotto il punto di vista astronomico, identificando Sothis con essa; ma questa identificazione, che certo predomina, non è tale da impedire che nelle iscrizioni stesse a Iside vengano assimilate tutte le divinità femminili dell' Egitto, all' infuori di qualsiasi considerazione per Sothis; la quale scompare per lasciar posto semplicemente ad Iside-Hathor, quale rappresentante di esse divinità.

« Sotto queste condizioni Iside è pareggiata ad *Hatit di Edfu* (bianca di Edfu), che in altre iscrizioni è sostituita da *Hatit di Necheb* (bianca di El-Kab), ed anche da *Hatit o Hadid di Edfu*, col determinativo dello scorpione per indicare la Dea *Selk* a testa di scorpione.

« Crederei perciò che si possa escludere che la menzione fatta di *Hatit di Edfu* nelle iscrizioni accennate dal Brugsch, si riferisca a Sothis e tanto meno al suo colore.

« Una lunga iscrizione di Dendera (MARIETTE, *Dendera*, I, 25) enumera circa cento forme o qualifiche diverse di Iside (non esclusivamente però di Iside-Sothis) e fra queste: 1.° *Nubit*, la dea d' oro; 2.° *Nenemnubit*, la dea che sorge (o che rifulge) come dea d' oro; 3.° *Nubitneteru*, la dea oro degli dei; 4.° *Nubit-honit-nubtiu*, la dea d' oro regina delle dee d' oro; 5.° *Nubit-nubtiu*, la dea d' oro delle dee d' oro, ossia dea d' oro in grado superlativo.

« I nomi 4.° e 5.° non sono molto frequenti: sono assai frequenti il 2.° ed il 3.°, ed è frequentissimo il 1.°, quasi altrettanto come quello d' Iside o di Hathor, coi quali si scambia continuamente.

« È però da tener conto, che secondo una leggenda, Iside colle ali d' oro abbracciando Osiride, lo ricoperse d' oro; per

(1) DÜMICHEN, *Geographie des alten Aegyptens*, Berlin, 1887, p. 140.

cui la qualifica di *dea d'oro* potrebbe venire ad Iside da quella od altra consimile leggenda estranea alla identificazione sua con Sothis. Ma potrebbe anche essere l'opposto, che cioè dalla qualifica di *dea d'oro*, venuta ad Iside per la sua identificazione con Sothis, fosse derivata la leggenda sopra ricordata.

« Nel labirinto di forme, nomi, attributi delle divinità egiziane non è sempre facile il distinguere quali di essi siano i più antichi.

« Comunque sia, nelle iscrizioni di Dendera noto le seguenti espressioni:

a) Dendera è detta talora *città di Nubit* e più spesso *sede* o *dimora di Nubit*;
b) ... *gli dei vedono Nubit nell'interno del tempio di Dendera* (pa Nubit), *che rifulge di dietro nelle sue feste* (Mariette I, 19 e *passim*);
c) *Iside* (*Nubitneteru*) *che risiede in Anit* (Dendera) ... *stella del mattino che gli dei adorano giorno e notte* (Ibid. I, 33): *Iside che sorge* (o rifulge) *nella festa del principio dell'anno* (I, 39): *Iside che rifulge come la vacca sacra che illumina i due mondi coi suoi raggi* (I, 42): *Iside, occhio destro* (del Sole) *che rifulge come oro* (I, 43): *Iside, signora di Punt, illumina il padre suo nel cielo, nella notte* (I, 75);
d) La dea *Ma*, adorando Iside, dice: *io fo adorazione a te, che sei Nubit nell'alto del cielo* (II, 2);
e) ... *Hathor illumina ... nella sua forma di Nenit* (abbreviazione di Nenemnubit, v. qui sopra): *Hathor sorge* (o rifulge) *nell'orizzonte orientale* (II, 7): *nella dimora augusta* (II, 7): *nell'oriente* (I, 26);
f) ... *Adorazione a te, che tramonti nel tuo santuario, o Hathor, la grande, che risiedi in Anit. Sothis in cielo, sovrana fra le stelle che risplendono in cielo nella festa del principio dell'anno* ... (II, 55);
g) ... *Hathor, Sothis nelle sue forme, regge essa il Sud e il Nord, arco grande che sta davanti ad Oro dei due orizzonti, che riempie la fronte del padre suo colle sue bellezze* (coi suoi splendori) ... (II, 58);
h) *Rat* (Sole femmina) ... *che splende in terra come auro fulgente* (II, 64);
k) *Sothis, nella sede di Ra, riempe il cielo e la terra co' suoi splendori* (I, 54, 6);
l) *Nubit rifulge sulla fronte di chi la creò.*

« Non ho trovato, nè nel *Thesaurus* di Brugsch, nè nella pubblicazione di Mariette, la espressione *Sothis riluce come oro in qualità di Nubit.* Oserei dire che non esiste [1]. Una perfetta equazione di Sothis con Nubit io non l'ho trovata, benchè sian frequenti quelle di Sothis con Iside, e di Nubit con Iside. Insomma il centro non è Sothis, come suppone il Brugsch in

[1] Cf. Brugsch, *Religion und Mythologie der alten Aegypter*, p. 319.

tutta la sua disquisizione sulle iscrizioni di Dendera. ma Iside. alla quale spesso viene identificata Sothis.

« Nemmeno trova giustificazione nelle iscrizioni ciò che il Brugsch dice, che la dea Sothis di Elefantina ha parte principale nella celebrazione del principio della inondazione del Nilo [1]. Il fatto è che Sothis di Elefantina è assai raramente nominata, e invece la parte principale. anche per il principio dell' inondazione del Nilo, è fatta ad Iside-Hathor. Certo però Iside-Hathor va presa qui nel suo senso astronomico; e forse questo diede origine alla inesattezza del Brugsch qui notata.

« Lo stesso Brugsch, alla pagina 325 del suo *Dizionario geografico dell'antico Egitto*, parla di una dea *Nubit* adorata nel basso Egitto, e nominata sopra un sarcofago proveniente da Sais: di questa nulla si sa. se abbia o no attinenza diretta con Sothis.

« Malgrado le accennate riserve, io credo che l'equazione *Nubit* = *Sothis*, per quanto non mai direttamente affermata, pure si possa ragionevolmente indurre; e si possa supporre che realmente per gli Egiziani il colore di Sothis si avvicinasse a quello dell'oro. Probabilmente il colore poteva variare secondo l'altezza della stella sull'orizzonte e secondo la stagione; in Egitto la coloritura del paesaggio è assai diversa secondo le ore e le stagioni a motivo dei vapori, e a seconda della maggiore o minore purezza dell'atmosfera; e ciò in una misura anche maggiore che da noi ».

Fin qui il dotto e cortese Professore del Museo di Torino. Come si vede, da queste iscrizioni, malgrado il loro numero, non è possibile ricavare alcuna indicazione positiva circa il color bianco di Sirio. Forse di qualche maggior peso è l'argomento negativo, che esse danno circa il color rosso della medesima stella. Se infatti Sirio fosse stato più rosso di Marte (siccome dovremmo ammettere stando all' autorità di Seneca). sembra difficile, che qualche indizio non avesse a trovarsi di ciò nelle iscrizioni. In questa opinione siamo confermati considerando il caso parallelo di Marte e il modo con cui gli Egiziani si sono comportati rispetto a questo pianeta. Nel medesimo tempio di Dendera, e precisamente nelle due cele-

[1] Cf. Brugsch, *Religion und Mythologie der alten Aegypter*, p. 301.

berrime rappresentazioni zodiacali ad esso appartenenti, sono rappresentati e distinti per nome i cinque pianeti; il nome di Marte è *Her-tosch*, che sarebbe come dire in latino *Horus rubens* (1). Questo medesimo nome di Marte si trova ripetuto in parecchi altri monumenti e due volte sta scolpito nel soffitto del così detto *Ramesseum* a Tebe (2); così pure è usato nelle tavolette astronomiche che il rev. Stobart portò dall'Egitto. e furono studiate filologicamente da H. Brugsch e astronomicamente di W. Ellis (3). In altri monumenti Marte è designato come *Horo lucente, stella del cielo orientale, stella che cammina retrogradando* (4): nelle quali ultime parole vi è una manifesta allusione alle irregolarità del moto di Marte, le quali sono ben più apparenti che quelle di qualsivoglia altro pianeta. Nel *Libro dei Morti* al Capo XVII, si enumerano i sette Spiriti luminosi che accompagnano il sarcofago di Osiride. In *quello che ha il viso di fuoco e cammina retrogradando* io non saprei ravvisare altro che Marte (5).

Gli Egiziani dunque già assai per tempo avevano notato il color rosso di questo pianeta e fattone uso per distinguerlo dagli altri. Se Sirio fosse stato anche più rosso, difficile sarebbe

(1) H. Brugsch, *Die Aegyptologie*, pp. 336-337. Leipzig, 1891.

(2) R. Lepsius, *Chronologie der alten Aegypter*, p. 90. Berlin, 1849.

(3) H. Brugsch, *Mémoire sur des observations planétaires consignées dans quatre tablettes égyptiennes en écriture démotique*. Berlin, 1856. Sono effemeridi planetarie calcolate per gli anni 105-132 di Cristo e quindi un poco anteriori a Tolomeo. Vedi pure W. Ellis, *Results derived from an examination of certain places of the five planets as interpreted from inscriptions on four old tablets* (Memorie della Soc. Astronomica di Londra, XXV, 1856).

(4) Brugsch, *Die Aegyptologie*, p. 336.

(5) Ho sott'occhio le traduzioni di Pierret (*Le Livre des Morts des anciens Égyptiens*, Paris, 1882) e di Le Page Renouf (*The Book of the Dead, Proceedings of the Society of Biblical Archaeology*. vol. XIV, p. 379). La prima dice di Marte: *celui qui a le visage en feu et vient à reculons*: la seconda lo chiama *Fiery face which turneth backwards*. — Secondo quest'ultimo traduttore non sarebbe questione di Marte, ma di una delle stelle dell'Orsa Maggiore, della quale costellazione si fa cenno alquanto prima nel medesimo capitolo XVII del *Libro dei Morti*. L'opinione da me espressa mi sembra più probabile, tanto più che nelle figure accompagnanti il testo del *Libro dei Morti* lo spirito retrogrado ha una perfetta rassomiglianza col Marte che e nei zodiaci di Dendera; una figura umana, con in mano uno scettro, e con la testa di sparviero (vedi l'accennato volume XIV dei *Proceedings of the Soc. of Bibl. Arch.* Tav. III. fig. 15).

immaginare come per un astro tanto più importante, e celebrato in iscrizioni tanto più numerose, manchi ogni più lieve allusione ad un fatto così notevole e così raro fra i corpi celesti.

XI. SIRIO E LA FENICE.

Notissima è l'antica tradizione egiziana della Fenice, la quale dicevasi apparire nel tempio del Sole ad Eliopoli a lunghi intervalli. Il periodo dei suoi ritorni è assegnato dai più degli antichi scrittori a 500 anni; soltanto da Tacito sappiamo che alcuni al suo tempo ne assegnavano la durata a 1461 anni, facendola così identica a quella del grande anno sotiaco, che riconduceva la coincidenza del primo giorno dell'anno vago col levare eliaco di Sirio, e col principio dell'anno solare. Secondo Erodoto (II, 78) le penne di questo uccello erano parte dorate, parte rosse: Plinio (X, 2) assegna il colore aureo al capo ed al collo, il rosso alle ali, alle penne della coda il roseo ed il ceruleo [1].

In questo insieme di circostanze il dott. See ha veduto una nuova conferma del color rosso di Sirio negli antichi tempi. Ecco il suo ragionamento [2]: « Abbiamo dimostrato (egli dice) che Sirio anticamente era di color rosso fuoco. Questo fatto ci metterà ora in grado di spiegare non solo quanto si afferma delle magnifiche penne della Fenice; ma ancora ci farà comprendere, perchè questo uccello fosse creduto consumarsi nelle fiamme accese da lui medesimo, e rigenerarsi dalle proprie ceneri. Infatti i colori della Fenice non erano altri che quelli del Sole aureo e di Sirio rosseggiante. E il periodo della Fenice si chiudeva quando il primo giorno di Thoth (il cominciamento dell'anno vago) veniva a corrispondere all'apparire simultaneo di Sirio e del Sole all'orizzonte orientale; in questo stesso giorno cominciava il periodo seguente. Dunque poichè il levare eliaco di Sirio determinava il principio e la fine dell'anno Sotiaco, e la stella era rossa color fuoco;

(1) Le antiche narrazioni sulla Fenice trovansi raccolte e discusse da vari scrittori moderni, fra i quali citeremo specialmente Ideler, *Handbuch der Chronologie*, vol. I, pp. 183 194 (Berlin, 1825); e Lepsius, *Chronologie der alten Aegypter*, pp. 180-195 (Berlin, 1849). Sul periodo Sotiaco vedi la prima di queste opere, vol. I, pp. 124-140; e la seconda, pp. 165-180.

(2) *Astronomy and Astrophysics*, vol. XI, pp. 457-461.

è facile vedere il motivo per cui i sacerdoti dicevano la Fenice consumarsi nel fuoco da lei stessa acceso (cioè nel fuoco di Sirio) e come per essi la nuova Fenice sorgesse dalle ceneri della precedente. Il fuoco in cui la Fenice periva, non era altro che il fuoco di Sirio rosseggiante, al quale forse si potrebbero aggiungere i colori dell'aurora, a traverso dei quali Sirio nel suo levare eliaco si manifestava precedendo il levare del Sole ».

Ingegnosa è questa teoria, ma offre diverse difficoltà. Anzitutto l'equivalenza del periodo della Fenice coll'anno Sotiaco non è sostenuta da sufficienti autorità. Tacito (*Ann.* VI, 28) è il solo che ne parla; ed anch'egli dubitativamente dicendo: *De numero annorum varia traduntur. Maxime vulgatum quingentorum spatium: sunt qui asseverent mille quadringentos sexaginta unum interici.* Numerosi invece sono gli scrittori che assegnano la durata di 500 anni (1). Gli stessi scrittori egiziani erano fra loro in completa discordanza. Horapollo di Nilopoli, che scrisse in idioma egizio una spiegazione dei geroglifici, e doveva esser molto versato nelle scienze sacerdotali, si tiene al dato comune di 500 anni. Nonno Panopolita nel suo gran poema delle *Dionisiache* assegna 1000 anni; Cheremone di Naucrati, jerogrammate e bibliotecario del tempio di Serapide in Alessandria, il quale specialissimamente si era occupato delle antichità sacre dell'Egitto e aveva scritto su queste un'opera assai pregiata, assegnava 7006 anni (2). Sembra dunque che i più dotti fra gli Egiziani stessi non sapessero la vera durata del periodo; se pur periodo vi era. A dubitare di ciò ci conduce un passo di Eliano (3) secondo cui l'epoca del ritorno della Fenice era in Egitto argomento di grandi dispute; gli uni lo aspettavano ad un tempo e gli altri ad un altro, e la Fenice finiva per comparire improvviso nel tempio di Eliopoli, quando meno la si aspettava. L'apparizione si dava come avvenuta nel tempio di Eliopoli, *presenti i soli sacerdoti*; l'annunzio che questi ne davano al popolo era seguito da grandi feste. Quali motivi determinassero i sacerdoti a tali annunzi piuttosto oggi che domani, nessuno l'ha mai saputo. Certo è soltanto, che le epoche assegnate da Tacito, da Plinio e da Dione Cassio per alcune

(1) Sono almeno dodici e se ne può vedere la lista nell'opera citata di Lepsius, p. 180.

(2) Lepsius, *Chron. der alten Aegypter*, pp. 180-181.

(3) Eliano, *De natura animalium*, VI, 58.

apparizioni della Fenice non si possono assoggettare ad alcun periodo [1] e ad ogni modo accennerebbero ad intervalli di due o tre secoli. escludendo affatto il periodo Sotiaco di 1461 anni. Contro quest' ultimo parla anche chiaro la circostanza, che al suo rinnovarsi nell' anno 139 di Cristo non si fa parola di alcuna apparizione della Fenice, la quale certo non sarebbe sfuggita agli storici di quel tempo se fosse avvenuta.

Gli studi fatti negli ultimi decenni dagli studiosi dell' archeologia egizia ci hanno condotti a notizie più sicure circa il carattere della Fenice. Nei monumenti e nei papiri ne occorre frequentissima la menzione col nome di *Bennu*; e vien rappresentata da un uccello di gambe lunghe e diritte, e di lungo e tortuoso collo, simile in tutto ad un airone. La testa è distinta da un duplice pennacchio rivolto all' indietro [2]. Il tempio d' Eliopoli è chiamato il soggiorno del *Bennu*; che dall' insieme delle qualificazioni dategli appare esser stato considerato come simbolo o rappresentazione del dio solare, e precisamente del Sole levante, che coi suoi raggi richiama la natura alla vita e all' attività. Nel Capitolo XVII del *Libro dei Morti* e precisamente nelle parti più antiche di questo capitolo, che forse risalgono all' epoca delle Piramidi, s' introduce il Sole a parlare di sè medesimo: *Io sono Ra* (il Sole) *al suo primo apparire: il grande iddio, che ha generato sè stesso: sono Osiride, sono il Ieri e conosco il Domani... sono il gran Bennu che è in Eliopoli, il quale regola tutto quello che è e tutto quello che sarà: sono Amsu nelle sue manifestazioni; due penne mi sono state poste sul capo* [3].

(1) Apparizioni della Fenice registrate negli antichi scrittori:
1. al tempo di Sesostri (Tacito) ... 1300? av. Cristo.
2. al tempo di Amasi (Tacito) ... fra 569 e 525 av. Cristo.
3. apparizione citata da Plinio ... 312 av. Cristo.
4. al tempo di Tolomeo III (Tacito) ... fra 284 e 246 av. Cristo.
5. al tempo di Tiberio (Plinio, Tacito e Dione) 34 e 36 dopo Cristo.

Vedi TACITO, *Ann.* VI, 28: PLINIO, *Hist. Nat.* X, 2: DIONE CASSIO, *Hist. Rom.* LVIII, 27.

(2) In questa descrizione ho sott' occhio due bei disegni della Fenice pubblicati da LE PAGE RENOUF nei *Proceedings of the Soc. of Biblical Archaeology*, vol. XVI, Tav. XXI. Essi sono tratti da due esemplari del *Libro dei Morti*, uno dei quali appartiene al Museo Britannico, l' altro al Museo Egizio di Berlino. Del pennacchio fa già menzione PLINIO, *Hist. Nat.* X, 2: *Caput plumeo apice honestari.*

(3) Così la versione di LE PAGE RENOUF (*Proceedings of the Soc. of*

In un altro testo [1] si legge: *io esco fuori come il Bennu, il dio dell'aurora.* Qui troviamo una plausibile spiegazione dei colori che gli antichi assegnavano alla Fenice: aureo, rosso, roseo e ceruleo. Sono infatti questi i colori del cielo orientale durante il crepuscolo mattutino. Non sembra dunque necessario di ricorrere, per spiegarli, ad una colorazione ipotetica di Sirio. Nei monumenti, per quanto mi è dato oggi sapere, finora nulla si è trovato che accenni ad una connessione dell'uccello *Bennu* colla stella *Sothis.*

Invece si trova qualche volta messo il *Bennu* in relazione col pianeta Venere. Nelle tombe di Seti I e di Ramesse VI questo pianeta è chiamato *la stella della barca del Bennu-Osiride* [2]. Questa barca presso gli Egiziani teneva luogo del carro, su cui i Greci facevano viaggiare il Sole Il Bennu-Osiride non è altro che il Sole levante, e la stella che guida la sua barca è una immagine bene appropriata di Venere mattutina o di Fosforo. Considerato questo fatto, sembra plausibile concludere che, se realmente gli Egiziani conobbero qualche periodo relativo alla Fenice, questo dovette esse determinato da Venere, anzichè da Sirio.

E non potè neppure esser un periodo di grande lunghezza. Non bisogna dimenticare che la determinazione dapprima, e poi l'uso di periodi moltisecolari richiede come primaria ed inevitabile condizione un computo esatto e non interrotto dei tempi. Secondo tutte le apparenze, un tale computo agli Egiziani mancò affatto, e l'incertezza della loro cronologia storica ne è la dimostrazione più evidente. Quando vediamo Manetone, *sacerdote, jerogrammate ed istorico,* esser in continua contraddizione colla testimonianza indefettibile dei monumenti non solo rispetto alla durata dei regni, ma anche rispetto al loro numero e alla loro successione: quando consideriamo che gli Egiziani non seppero mai riferire i tempi ad un èra, cioè ad

Bibl. Arch. vol. XIV, p. 377) il quale nota esser testo antichissimo e molto anteriore alla XII dinastia (ibid. p. 381). Il confronto colle versioni di Brugsch (*Religion und Mythol. der alten Aegypter*, pp. 21-23) e di Pierret (*Le Livre des Morts*, pp. 53-56) non offre differenze importanti pel presente argomento.

(1) Le Page Renouf, *Proceedings of the Society of Biblical Archeology*, vol. VII, p. 211.

(2) Brugsch, *Die Aegyptologie*, p. 336: lo stesso, *Mémoire sur les observations planétaires* &c. p. 50.

un' origine fissa, e neppure seppero consacrare per uso dei posteri la successione degli anni per mezzo di liste di magistrati eponimi, ciò che ben seppero fare gli Assiri; come poter supporre che essi determinassero colle osservazioni cicli sì lunghi, dei quali non il minimo uso, anzi neppure la più lontana menzione appare dai monumenti? Riflettendo bene a questo, troveremo verisimile che quei lunghi cicli e specialmente l' anno sotiaco, siano combinazioni erudite e prive d'ogni significato pratico, inventate in tempi assai posteriori, quando gli Egiziani, illuminati dalla scienza dei Greci, finirono col persuadersi che l' anno sacro e canonico di 365 giorni esatti (l' unico che risulti dai monumenti anteriori all' epoca tolemaica) discordava di sei ore dal periodo del levare eliaco di Sirio e dell' inondazione e appresero l' uso, sin allora ad essi interamente sconosciuto, delle intercalazioni quadriennali, di cui Eudosso da Cnido sembra esser stato l' inventore. Tutto porta a credere che prima di quel tempo il loro anno, contato sempre (come attestano numerosi monumenti) dal levare eliaco di Sirio, e tuttavia costretto alla durata di 365 giorni interi, ricadesse in disordine manifesto entro pochi decenni; e di quando in quando fosse empiricamente ricondotto a posto coll' osservazione diretta della stella. Queste induzioni, che risultano dall' esame imparziale dei monumenti, tolgono ogni base alle infinite speculazioni degli eruditi sui periodi della Fenice e di Sothis [1].

---

[1] Vedi su questo punto le sensatissime osservazioni di MASPERO (*Proceedings of the Soc. of Bibl. Arch.*, vol. XIII, pp. 305-307) alle quali completamente sottoscrivo. Una di queste epoche di confusione cronologica pare abbia avuto luogo al tempo di Seti II (circa 1250 anni av. Cristo); da un papiro della sua epoca (detto Papiro Anastasi IV), Maspero riferisce la seguente preghiera: « O Ammone, vieni a liberarmi da quest'anno disgraziato, ove non arriva più il solstizio estivo, l' inverno accade quando aveva luogo l' estate, i mesi van fuori di posto e le ore s' imbrogliano (*Ibid.* p. 310) ». Era dunque press' a poco lo stato del Calendario Romano prima della riforma di Giulio Cesare.

XIV.

SUI PARAPEGMI

o

CALENDARI ASTRO-METEOROLOGICI

DEGLI ANTICHI

Dall' Annuario Meteorologico Italiano, *Anno VII, Torino, Loescher, 1892.*

In seguito a qualche studio apparso dopo la pubblicazione di questa memoria ed alla scoperta di alcuni parapegmi, l'autore si propose di darne notizia ed aggiunse al manoscritto originale qualche nuova nota che venne compresa nella presente edizione.

L. G.

I *Parapegmi* o Calendari astrometeorologici dei Greci e dei Romani sono da annoverare fra le reliquie più curiose, se non fra le più importanti, dell' antica scienza; e costituiscono il primo tentativo *razionale* che sia stato fatto per arrivare ad una previsione approssimativa del tempo. Gli autori che scrissero la storia dell' Astronomia se ne occuparono assai poco, e poco anche ne discorrono quelli, che ai nostri tempi hanno cominciato ad abbozzare la storia della Meteorologia. Lo stesso Van Bebber, il quale nel suo *Manuale per lo studio pratico dei fenomeni atmosferici* ha dato una storia, così erudita e così piena di fatti, della previsione del tempo presso gli antichi e presso i moderni, fa soltanto pochi cenni di uno dei detti Calendari; nè a questo, nè agli altri sembra attribuire molto interesse (1). Io sono d' opinione alquanto diversa; e perciò voglio tentare di esporre brevemente quanto su tali Calendari ho potuto apprendere dai numerosi frammenti che ancora ne restano, e dai passi degli autori classici, che a tale materia si riferiscono.

I. Come i popoli primitivi, per regolarsi sul corso delle stagioni, dovessero ricorrere all' osservazione immediata dei fenomeni celesti.

Pochi sanno estimare al giusto l' immenso benefizio, che ogni momento godiamo, dell' aria respirabile, e dell' acqua. non meno necessaria alla vita; così pure pochi si fanno un' idea

(1) Van Bebber, *Handbuch der ausübenden Witterungskunde*, Stuttgart, 1885, vol. I, pp. 47-48.

adeguata delle agevolezze e dei vantaggi che all'odierno vivere procura il computo uniforme e la divisione regolare dei tempi. Il nostro agricoltore può fin dal primo di gennaio stabilire tutta intiera la serie dei lavori che dovrà eseguire nell'anno entrante e determinarne con molta approssimazione l'ordine e le epoche; il che gli permette d'impiegare nel modo più utile il suo lavoro, e di fare tutte le sue operazioni nel tempo più opportuno. E tutto questo ei non s'avvede neppure di doverlo al suo Calendario, che gli costa pochi centesimi, od anche nulla. Trasportiamoci invece collo spirito nel mondo greco alla fine dei tempi eroici ed alle origini della storia positiva; quando, l'uso della scrittura non essendo ancora importato dalla Fenicia, od essendo tuttavia il segreto di pochi, si tramandavano di padre in figlio, a memoria ed a viva voce, i canti di Omero. Calendario fisso allora non v'era; il tempo si numerava per giorni, e quando i giorni eran troppi, si contavan le lune; delle quali l'esatta relazione coll'anno solare rimase lungo tempo incerta. Gli anni eran contrassegnati dal numero delle estati e degli inverni; e per non deviar troppo nel loro computo delle vicende delle stagioni, i Greci li facevano (come molte altre nazioni dell'Oriente) ora di 12 lune, ora di 13. Quanti giorni poi fossero in un anno solare, i Greci non lo seppero mai bene prima della guerra del Peloponneso. In un sistema così informe e così incerto, dove le date dei solstizi e degli equinozi potevano oscillare quasi di un mese da un anno all'altro (dato pure che le intercalazioni del 13° mese si facessero sempre a dovere) non era certamente possibile avere una norma costante e semplice per fissare le epoche dei lavori agricoli, e di tutte le occupazioni strettamente legate al corso delle stagioni.

Non rimaneva dunque altro espediente che approfittare del Calendario naturale scritto sulla volta celeste dal Sole col suo moto annuo e diurno. Questo si poteva fare in due modi: osservando cioè le diversità che mostra lungo l'anno il corso diurno apparente del Sole sopra l'orizzonte; o notando il diverso aspetto, che in conseguenza del progresso annuale del Sole lungo lo zodiaco presenta il cielo notturno nelle diverse stagioni. A noi il primo di questi modi parrebbe il più diretto ed il più semplice. Stabilito un gnomone, e tracciata pel suo piede una linea non troppo distante dalla direzione del meridiano, questa sarà in ogni giorno dell'anno toccata una volta

dal vertice dell'ombra; onde notando successivamente di giorno in giorno i luoghi ove ciò avviene, non solo si potranno facilmente stabilire con qualche approssimazione le epoche dei due solstizi, ma anche si potrà fissare con segnali lungo quella linea il luogo occupato dal vertice dell'ombra in tante epoche intermedie quante occorrono. Il ritorno periodico di esso vertice al medesimo punto permetterà di stabilire senza troppo grave errore il principio dell'anno in modo invariabile, e di seguire pel corso del medesimo le vicende delle stagioni e dei fenomeni atmosferici.

Un tale sistema di osservazioni esclusivamente solari non fu praticato dai Greci, nè allora nè poi. Le osservazioni gnomoniche e la loro applicazione alle divisioni minori dell'anno suppongono uno studio continuato, nozioni di geometria, e sopratutto uno spirito d'investigazione metodica dei fatti naturali, che in nessun tempo fu molto diffuso nelle classi popolari. Tuttavia è indubitato, che se non le divisioni minori dell'anno, almeno i due punti più fondamentali di esso, cioè i solstizi, in epoca assai remota furono osservati in Grecia. Nell'*Odissea* il pastore Eumeo, narrando ad Ulisse le proprie avventure, descrive l'isola di Syros sua patria, *dove si vedono le conversioni del Sole*, οθι τροπαὶ ἠελιοιο (libro XV. v. 404). Il qual passo così è tradotto dal Pindemonte:

Cert' isola, se mai parlar ne udisti,
Giace a Delo di sopra, e Siria è detta,
Dove segnati del corrente Sole
I ritorni si veggono.

Si allude qui manifestamente all'osservazione dei solstizi, presa coll'aiuto di un gnomone o di altra cosa equivalente, come la vetta di un monte, il fastigio di un edifizio, una colonna, od anche un semplice foro praticato nella parte superiore di una camera chiusa, al modo dei gnomoni che eressero Cassini in Bologna, e Toscanelli in Firenze. Fu ad ogni modo una struttura durevole e monumentale, perchè di questo apparato solstiziale od *eliotropio* (come fu detto di poi) l'esistenza si prolungò per più secoli fino ai tempi istorici, come più sotto si vedrà. È stato congetturato con molta verosimiglianza, che questa non fosse un'invenzione dei Greci, ma loro venisse dall'Asia e probabilmente da Babilonia per mezzo dei navi-

gatori fenici, i quali non avevano ancora perduto allora il loro commercio dell' arcipelago greco. A detta dello stesso Omero il porto di Syros era frequentato dalle navi di Sidone. Erodoto afferma nel libro secondo delle sue Storie, che i Greci ricevettero da Babilonia l' uso del gnomone e dei quadranti solari. E dobbiamo credere che da Babilonia pure venisse il celebre quadrante solare, che secondo la Bibbia esisteva nella reggia di Achaz Re di Giuda (730 av. Cr.).

Sarebbe tuttavia un errore il dedurre da questo passo di Omero, che l' uso di simili gnonomi od eliotropi fosse molto divulgato in Grecia ai tempi del poeta. La menzione speciale ch' egli ne fa, come di una particolarità notabile e caratteristica dell' isola di Syros dimostra che esso era una cosa rara, anzi unica in Grecia. L' osservazione dei solstizi non è poi cosa facile a far bene con un apparato di piccola dimensione e da persone non bene istrutte in questa bisogna. Nelle epoche solstiziali il Sole cambia la sua declinazione con tale lentezza. che all' osservatore non munito di strumenti sembra percorrere per molti giorni lo stesso parallelo; l' ombra dei gnomoni resta per più settimane quasi invariata. « Avvicinandosi il Sole ai tropici (scriveva Polibio istorico nella sua opera perduta *Delle abitazioni sotto l' equatore*) od allontanandosi da essi, il Sole rimane sempre loro vicinissimo, e la lunghezza del dì e della notte non varia quasi affatto per lo spazio di quaranta giorni ». Una indeterminazione di quaranta giorni è cosa grave, anche trattandosi di agricoltura e di navigazione. Ciò malgrado, già nel poemetto d' Esiodo (800 av. C.), intitolato *Opere e giorni*, troviamo usati i solstizi come base a regole del calendario rustico e nautico. Questo ci porta a credere, che la determinazione di quei punti fondamentali dell' anno non fosse abbandonata alla stima degli agricoltori, ma si eseguisse in qualche luogo e quasi officialmente con una certa esattezza e regolarità. Lo stesso dobbiamo concludere dal fatto, che già in quel tempo appaiono le lune, o mesi, con nomi speciali e con posizione abbastanza stabile rispetto alle stagioni dell' anno. Esiodo nel citato poema (verso 502) nomina il mese *Leneo* come quello contrassegnato dal massimo freddo e dalle peggiori intemperie. Già dunque allora, come più tardi, si usava combinare in un anno ora 12, ora 13 lune intiere, in modo che alle lune od ai mesi del medesimo nome corrispondesse sempre all' ingrosso la medesima stagione. Quest' intercalazione della 13ª luna si

operava senza dubbio secondo che il bisogno ne era manifesto e senza regole molto esatte; tuttavia non si poteva fare nè bene nè male senza una cognizione alquanto approssimata delle epoche solstiziati. È naturale pensare che per tale effetto i *Hieromnemoni* o curatori delle pubbliche solennità religiose, che formavano un Comitato a parte nel celebre Consiglio degli Amfictioni, si valessero appunto delle indicazioni date dal monumento astronomico di Syros, o da qualche altro simile.

II. Fenomeni del levare e del tramonto delle stelle; come possano servire a definire in modo certo ed invariabile le diverse epoche dell' anno.

L' osservazione dei solstizi serviva dunque ai Greci primitivi per fissare il principio dell' anno e l' ordine delle lune intercalari. Ma per stabilire le altre epoche intermedie in modo consentaneo al corso delle stagioni ad uso dell' agricoltura e della navigazione impiegavano essi già da tempo immemorabile l' osservazione assidua delle epoche, in cui certe stelle più brillanti o certi gruppi di stelle più facili a riconoscere (le Pleiadi, il Delfino, la Zona d' Orione), incominciavano ad esser visibili, o cessavano d' esser visibili al cominciar dell' alba, o al finir del crepuscolo vespertino. È questo un genere d' osservazioni molto semplice, e facile anche al contadino od al pastore più rozzo, bastando qualche attenzione ed un orizzonte puro. Le epoche di tali fenomeni essendo collegate principalmente col corso annuo del Sole lungo l' eclittica, e potendosi sempre determinare entro pochi giorni d' errore, formavano una specie di *calendario naturale*, in cui si poteva leggere direttamente il tempo dell' aratura o quello della seminagione, o quello in cui si potevano mettere in mare le navi. Queste apparizioni od occultazioni mattutine e serali delle stelle fisse costituiscono la vera e principal base degli antichi Calendari astrometeorologici; esse formavano una parte essenziale della pratica agricola e nautica; ad esse si riferiscono infinite allusioni nei poeti greci e latini; allusioni che richiedono talvolta molto studio per esser intese perfettamente. Diciamo con brevità in che cosa esse precisamente consistano.

1. In un' epoca qualunque dell' anno dopo tramontato il Sole, volgiamo lo sguardo verso l' orizzonte occidentale, aspet-

tando che il progressivo decrescere della luce crepuscolare renda visibile colà alcuna delle stelle più brillanti, come Regolo, Aldebarano, Arturo o la Spica. La stella comincierà a vedersi quando il Sole sarà giunto ad una determinata profondità sotto l' orizzonte. Nel giorno consecutivo essa si renderà pure visibile quando il Sole sia giunto alla stessa profondità. Ma intanto nell' intervallo il Sole, per effetto del suo moto zodiacale ha proceduto di quasi un grado verso levante lungo l' eclittica; perciò la stella. al momento di rendersi visibile, si troverà sensibilmente più bassa, che non fosse nel giorno antecedente. Continuando l' osservazione nei giorni seguenti, la stella al momento del suo apparire si troverà sempre più vicina all' orizzonte; perchè avanzandosi il Sole fra le costellazioni zodiacali verso levante, i suoi crepuscoli vengono ad invadere regioni sempre più orientali del cielo stellato. Verrà finalmente un giorno, in cui la stella al momento del suo apparire vespertino sarà tanto bassa, che tramonterà subito dopo. Questa coincidenza dell' apparizione vespertina della stella col suo tramonto ne costituisce l' *occaso vespertino*, detto anche talvolta *occaso eliaco*, perchè si fa poco dopo quello del Sole. In quello stesso giorno avremo anche finito di vedere la stella al suo tramontare; infatti nei giorni consecutivi il Sole spingendosi coi suoi crepuscoli verso regioni del cielo sempre più orientali, all' istante in cui esso sarebbe sufficientemente basso sotto l' orizzonte per lasciar vedere la stella, questa sarà già tramontata. In altri termini, nel momento in cui la stella tocca l' orizzonte occidentale, sarà ancora giorno troppo chiaro. Perciò si dice ancora, che essa ha subìto la sua *occultazione vespertina*.

2. Contemporaneamente a queste osservazioni si noteranno all' orizzonte orientale fenomeni corrispondenti, benchè d'altra natura. Fissiamo da quella parte per più sere consecutive il luogo di una stella al momento in cui vince la chiarezza del cielo e comincia a diventare visibile. Si troverà che il luogo dell' apparizione si fa, di sera in sera, sempre più alto sull' orizzonte; onde si conclude che in analogo momento dei giorni anteriori ha dovuto esser più bassa. E vi fu tale giorno, in cui la stella, al momento di vincere la luce crepuscolare, appunto si affacciava all' orizzonte. Onde si conclude che prima ancora di quel giorno si levava già tutta visibile, e colla sua intiera luce, a notte più o meno inoltrata. Quel giorno, in cui

la stella vince il crepuscolo appunto nel momento in cui sorge all' orizzonte orientale, segna la data del *levare vespertino*, detto anche talvolta *levare acronico*. E manifestamente in quel giorno per l' ultima volta sarà possibile vedere la levata della stella; perchè nei giorni posteriori questa levata si farà a cielo troppo chiaro.

3. Analoghe fasi si osservano al mattino sul cominciar dell' aurora. Col progressivo cessar dell' oscurità notturna si vedono in ogni parte del cielo scomparire successivamente le stelle. Quelle di esse, che al momento di scomparire si affacciano sull' orizzonte di levante, non rimangono visibili che pochi istanti, estinte subito dopo il loro levare dal continuo accrescersi della luce diurna. Ma il giorno dopo, avanzatosi il Sole d' alquanto spazio attraverso alle costellazioni zodiacali verso levante, al momento in cui sorgeranno su quelle stelle, si troverà più basso; onde per estinguerle dovrà salire un poco. Il tempo della loro visibilità mattutina si troverà così alquanto aumentato, e crescerà viepiù nei giorni consecutivi. Per converso, nei giorni antecedenti, al momento del levare di quelle stelle, il Sole era troppo vicino all' orizzonte o forse anche già levato; quelle stelle non si vedevano affatto. Il giorno adunque, in cui una stella comincia ad emergere per pochi istanti dall' aurora sull' orizzonte orientale segnerà l' epoca, in cui, dopo esser stata occultata dai raggi solari, essa comincia le sue *apparizioni mattutine*. In quel giorno la stella avrà fatto il suo *levare mattutino*, detto anche *eliaco*, perchè succede nella prossimità del Sole.

4. Similmente per le stelle, che al momento di essere offuscate dall' aurora stanno appunto sul tramonto presso l' orizzonte occidentale, si ha il giorno e l' istante dell' *occaso mattutino*, detto anche talvolta *cosmico*. Considerando il moto del Sole lungo lo zodiaco si vedrà facilmente, che nei giorni antecedenti a quello non era possibile osservare il tramonto di dette stelle, il quale succedeva a giorno chiaro; e che sarà invece possibile osservare tale tramonto nei giorni consecutivi.

Riassumendo, definiremo il *levare e l' occaso vespertino* di una data stella, per quel giorno e quell' istante della sera, in cui essa, al momento di superare coi suoi raggi la chiarezza del cielo ancora illuminato dal crepuscolo, si presenta all' orizzonte di levante, o cade giù sotto l' orizzonte di ponente. *Il levare o l' occaso mattutino* è determinato da quel giorno e da

quell'istante del mattino in cui la stella, al momento di esser offuscata dal giorno chiaro, sorge all'orizzonte orientale, o tramonta a quello di ponente. Tali sono i celebri fenomeni detti apparizioni ed occultazioni stellari, che avevano una parte si cospicua nell'antica astronomia, e il cui studio particolare anche oggi offre curiosità abbastanza interessanti, astrazion fatta pure dall'utilità che presenta per la piena intelligenza dei poeti e per le ricerche di cronologia istorica.

Ora le epoche dell'anno solare, in cui per ciascuna stella non circumpolare si osservano i quattro fenomeni sopra notati, dipendono da diversi elementi, e primieramente dalla latitudine del luogo di osservazione, che determina la posizione dell'orizzonte rispetto all'eclittica e rispetto al parallelo celeste descritto dalla stella. Secondo, dalla profondità a cui deve arrivare il Sole sotto l'orizzonte, perchè la stella cominci ad essere visibile; la quale profondità manifestamente è maggiore per le stelle meno brillanti, ed ancora varia per la medesima stella, secondo che questa si trova col Sole dalla medesima parte dell'orizzonte, dove l'illuminazione dell'aria è più intensa, o dalla parte opposta, dove lo è assai meno. Ad esempio le stelle di prima grandezza nel primo caso non appaiono, se il Sole non ha almeno 11 gradi di profondità sotto l'orizzonte; nel secondo caso bastano 7 gradi.

In terzo luogo le epoche in questione sono strettamente collegate colla posizione che ciascuna stella ha rispetto ai quattro punti cardinali dell'eclittica (equinozi e solstizi); e non possono servire come divisione dell'anno tropico e come contrassegni delle stagioni, se non in quanto tale posizione si possa supporre invariata. Or questo a rigore non è; i punti equinoziali e solstiziali regrediscono annualmente lungo essa eclittica di un grado ogni 72 anni; inoltre l'obliquità dell'eclittica è soggetta ad una lenta diminuzione di un grado in 7500 anni. Ne segue, che per ogni stella la data dei fenomeni qui sopra descritti va lentamente ritardando rispetto alle epoche degli equinozi e dei solstizi. Tale ritardo è diverso da una stella all'altra non solo, ma per una medesima stella varia col tempo. Il ritardo medio, considerando tutte le stelle in tutte le epoche, è di un giorno ogni 71 anni. Questa variazione era intieramente sconosciuta ai tempi di cui parliamo; e lo fu ancora assai dopo. Tutti i Calendari astrometeorologici dei Greci e dei Romani suppongono che le epoche del levare e

dell' occaso mattutino e vespertino delle stelle siano un indice fisso delle stagioni e delle vicende atmosferiche. E veramente l' effetto delle accennate variazioni non è in pratica sensibile che dopo alquanti secoli, attesa l' incertezza delle osservazioni di quei fenomeni, la quale arriva a parecchi giorni. Causa principale di errore sono qui la diversa acutezza della vista di chi osserva; i vapori dell' atmosfera, non sempre di ugual trasparenza; inoltre la limitazione fisica o topografica dell' orizzonte, la quale è sempre più o meno irregolare, quando non si tratti di grandi pianure o di luoghi aperti verso il mare.

III. Calendario rustico d' Esiodo.

Il già citato poema d' Esiodo *Opere e Giorni* contiene il più antico calendario rustico che si conosca. Le occupazioni di vario genere, a cui si deve attendere lungo il corso dell' anno vi sono definite per lo più da epoche astronomiche, poste in correlazione col carattere generale delle vicende atmosferiche e con alcuni fenomeni periodici di altra categoria. Tali epoche ho raccolto ed ordinato nel quadro seguente, aggiungendo in corrispondenza d'ogni fenomeno celeste la data, alla quale Esiodo l' avrebbe dovuto registrare se si fosse servito del nostro presente calendario Questa data è desunta dal calcolo, prendendo come punto di partenza il solstizio d'estate, e il 21 giugno come epoca del medesimo. I tempi del levare e del tramonto mattutino e vespertino sono stati dedotti prendendo per base le posizioni delle stelle convenienti a quell' epoca remota, che ho supposto essere 800 anni prima di Cristo. Fanno eccezione il levare vespertino d' Arturo, e l' occaso vespertino delle Pleiadi, il cui intervallo rispetto ad altre epoche è assegnato dal poeta medesimo.

Dicembre 19. *Solstizio d' inverno.*

Gennaio. Corrisponde prossimamente al mese di *Lenaeon*, che segna il colmo dell' inverno; giornate brevi; neve e vento di Tracia.

Febbraio 18. *Levare vespertino d' Arturo* 60 giorni dopo il solstizio d' inverno. Arrivan le rondini, e comincia la primavera.

Aprile	7. *Occaso vespertino delle Pleiadi,* che stanno nascoste 40 giorni sotto il Sole.	
Maggio	17. *Levare mattutino delle Pleiadi.* Vengon fuori le lumache; si aguzzano le falci e comincia la messe.	
Giugno	21. *Solstizio estivo.*	
Luglio	1. *Levare mattutino della zona d' Orione.* Si batton le messi.	
Luglio	15. *Comincia Sirio a vedersi la mattina.* Crescono i cardi, cantan le cicale.	
Agosto	10. Cinquanta giorni dopo il solstizio estivo finisce la prima estate e comincia la seconda, e il tempo buono per navigare. *Sirio visibile parte della notte*; calore umido e nocivo.	
Settembre	8. *Levare mattutino d'Arturo. Orione e Sirio al mattino nel mezzo del cielo.* Si prepara la vendemmia.	
Ottobre	28. *Occaso mattutino delle Pleiadi.*	Apparizione delle gru. Fine della seconda estate. Si comincia ad arare e seminare; si tiran le navi a terra.
Novembre	1. *Occaso mattutino delle Hyadi.*	
Novembre	9. *Occaso mattutino della zona d' Orione.*	
Dicembre	19. *Solstizio d' inverno.*	

Il Calendario d' Esiodo si distingue dagli altri posteriori dei Greci per questo, che non contiene pronostici di sorta alcuna. Il poeta nota semplicemente il carattere meteorologico di certi periodi dell' anno. Ben diverso sotto questo riguardo è il registro mensile dei giorni lunari, che forma l' ultima parte dell' opera, e che da alcuno anche si è voluto attribuire ad un altro autore. Esso è una specie di classificazione dei giorni della Luna in propizi e sfavorevoli, sia in modo assoluto, sia sotto speciali riguardi; e contiene l' indicazione dei giorni in cui di preferenza si debbono fare certe operazioni ed evitare certe altre. Tutto è fondato su idee superstiziose, come i giorni fasti e nefasti del Calendario Romano. Tuttavia è da notare, che neppure in questo calendario mensile d' Esiodo non si vede la minima traccia di pronostici del tempo secondo lo stato della Luna, che rassomiglino a quanto si trova in Arato ed in Virgilio.

IV. Origine comune dell'Astronomia e della Meteorologia presso i Greci. Prime scoperte e speculazioni.

La connessione dei fenomeni delle stelle col corso delle stagioni e colle vicende dell'atmosfera fu per tempo notata anche da altri popoli dell'antichità e messa a profitto per regolare il Calendario. Così presso gli Egiziani era da tempo immemorabile notato il levare mattutino di Sirio, e presso gl'Indiani quello di Canopo. Ma in nessun altro luogo che in Grecia sembra che da tali ripetute osservazioni l'uomo sia stato condotto a considerare la detta connessione sotto un aspetto scientifico. Per l'Egiziano il levare eliaco di Sirio era un fatto d'ordine soprannaturale e divino, predisposto per avvertirlo dell'imminente cresciuta del Nilo. I Cinesi, e gl'Itali antichi ed i Romani ancora assai tardi, in questa relazione fra il cielo e la terra non videro altro, che il punto dell'utilità pratica. I Babilonesi e gli Assiri ne trassero nuovi procedimenti di magia e di divinazione. Solo il popolo ellenico ebbe dalla natura quel genio indagatore e quella potenza di speculazione, che è necessaria per arrivare alla scienza propriamente detta. Esso solo, dalle occorrenze quotidiane della vita e dalle osservazioni dei fatti seppe assorgere alla considerazione delle cause; e per esso veramente si può dire, che la necessità fu madre della filosofia.

Una prima e splendida manifestazione del pensiero scientifico presso i Greci corrisponde al massimo fervore della loro espansione coloniale, 600-500 avanti Cristo. Essi dominavano allora colle loro navi tutto il bacino orientale del Mediterraneo e quello del Ponto Eusino. Centro di tutto questo gran movimento era l'Ionia, e nell'Ionia la città di Mileto, divenuta una delle più grandi piazze del commercio mondiale. Mileto aveva fondato, o stava fondando una lunga serie di colonie e di fattorie le quali si estendevano da Abido nell'alto Egitto e da Naucrati nel Delta nilotico, fino alle bocche dell'Istro e del Boristene; nei suoi fondaci si accumulavano i prodotti della Scizia accanto a quelli dell'Arabia e dell'Etiopia. Il colono del Ponto, che aveva navigato in sul Boristene ed esperimentato l'inverno scitico, a Mileto narrava le sue avventure e le sue osservazioni al soldato di Caria, che militando

agli stipendi di Psammetico e di Necao avea visto le cataratte del Nilo, provata l'arsura della Tebaide, e ricevuto sul suo capo il Sole perpendicolare di Siene. Quanta materia di narrazioni e di riflessioni, di dispute e di confronti! Così si vennero elaborando i materiali del primo libro di geografia, che fu scritto da Ecateo di Mileto; e si preparò la prima carta generale delle regioni conosciute, che fu delineata da Anassimandro, pur di Mileto.

Che il moto periodico annuale del Sole e il conseguente ritorno delle identiche apparizioni delle stelle fossero in diretta connessione colle stagioni e coi fenomeni della vita animale e vegetale, era sempre stato evidente in ogni tempo. Ora divenne manifesto anche un altro genere di correlazione fra il cielo e la terra, quella che si riferisce alla posizione geografica dei luoghi. Non senza meraviglia nel variare dei climi si scoperse un progresso regolare dal settentrione verso mezzodì, al quale corrispondeva manifestamente una diversa inclinazione del Sole e della sfera stellata. Tutta la natura organica e l'aspetto stesso degli uomini attestava questo fatto; ad influssi diversamente combinati degli agenti celesti ed atmosferici dovevasi il color bianco dello Scita e quello dell'Etiope adusto; la produzione degli orsi e degli abeti in un luogo, quella dei coccodrilli e delle palme in un altro. Per la prima volta dunque si affacciò alla mente degli uomini riflessivi l'idea, che essi, con quanto li circondava, dovevano far parte di un GRAN SISTEMA, ordinato sapientemente secondo un principio superiore, del quale i fatti particolari erano manifestazioni connesse fra di loro. Fu la ricerca di questo principio e lo studio di queste manifestazioni, che diede origine alla filosofia naturalistica degli Ionii, la quale cominciò appunto in Mileto con Talete ed Anassimandro.

In questo stadio incipiente della scienza non poteva aver luogo ancora la distinzione così netta, che ora si fa, dei fenomeni atmosferici dai fenomeni astronomici. Tutto ciò che appare in cielo era soggetto di curiosa speculazione. Alcune di queste apparenze presentavano certamente un carattere di periodicità più regolare e parevano assoggettate ad un ordine più rigoroso e più manifesto; ma non era facile allora condurre quella linea di separazione che a noi pare così evidente, e che del resto fu completamente stabilita soltanto in tempi moderni, quando s'imparò a conoscere la vera origine delle comete e delle

piogge meteoriche. Per quei primi indagatori tutto quanto si proietta sulla volta apparente del firmamento apparteneva ad un identico gruppo di fatti, e si designava anche con un solo nome, τὰ μετέωρα, *le meteore*, che è quanto dire *le cose sublimi*, o *sospese in alto*. Nessuno aveva ancora insegnato a separare la sede del Sole da quella dell'iride o del parelio, che al Sole sono così manifestamente collegati; nè il luogo della Luna, da quello dell'alone, che la circonda; nè vi era allora ragione di credere, che le stelle cadenti essenzialmente si distinguessero dalle stelle vere. L'atmosfera, con diversi gradi di purezza, dai più si supponeva estesa fino agli ultimi limiti dell'universo, e non priva d'influenza sul corso degli astri stessi. Questo è da tener in mente per interpretare al vero il contenuto dei molti libri *sulle meteore* (περὶ μετεώρων) attribuiti ad antichi scrittori. Così presso i Greci nacque e crebbe l'Astronomia, strettamente abbracciata con la Meteorologia; una separazione sistematica fra l'una e l'altra dottrina già pare fosse nelle idee di Democrito, ma non si manifesta in modo completo che ai tempi d'Aristotele.

Nulla ora potrebbe esser più interessante ed istruttivo, che il seguire passo passo i primi ed incerti tentativi, che quelle vergini intelligenze nella loro piena potenza ed originalità andarono successivamente facendo per intendere il perchè di tanti fatti grandiosi e straordinari, che il cielo e l'atmosfera offrivano ai loro sguardi. Sventuratamente le informazioni che possediamo su questa parte della storia scientifica sono, e per quantità e per qualità, troppo inferiori ai nostri desideri; e troppo spesso da cenni imperfetti e da indicazioni d'oscuro significato si è costretti ad indovinare i concetti di quei primi eroi del pensiero. Il moto periodico degli astri maggiori, come la parte più semplice del problema, fu il primo oggetto d'indagine. Leggiamo che Talete Milesio (639-546) [1] fu il primo ad investigare con qualche cura la lunghezza dell'anno solare; al quale effetto è da credere che gli fossero utili le osservazioni solstiziali fatte, come si narra, dal suo amico e coetaneo Ferecide a quello stesso eliotropio di Syros, che già vedemmo celebre ai tempi d'Omero, e che ancora si cita come esistente parecchi secoli dopo. Anassimandro (610-547) discepolo di Talete,

[1] I numeri così posti fra parentesi indicano anni avanti Cristo, e sono per lo più da interpretarsi come dati approssimativamente.

riconobbe che il continuo cambiare del parallelo diurno che si osserva nel Sole da un giorno all'altro, e il moto spirale che esso sembra fare fra i due paralleli estremi (i tropici) sono il risultato del moto diurno della rotazione celeste, combinato col moto annuo del Sole fra le stelle in un circolo obliquo. Anassimandro aveva visitato le colonie del Ponto; dove la comparazione dell'aspetto delle stelle con quanto era stato osservato da lui e da altri a Milèto ed in Egitto sotto latitudini assai più basse lo condusse alla grande ed importante scoperta della convessità della Terra nel senso del meridiano. E poichè la rotazione diurna della sfera stellata già lo aveva convinto esser la Terra sospesa senza appoggio al centro dell'universo, combinando queste due idee egli si persuase dover esser la Terra qualche cosa di simile ad un gran cilindro (o come egli diceva, ad un tronco di colonna) coll'asse disteso nella direzione dal levante al ponente. Come egli abbia potuto più tardi assicurarsi che la Terra è convessa anche nel senso perpendicolare al meridiano, non è ben noto; tuttavia pare che nei suoi ultimi anni abbandonasse quella singolare (benchè logica conseguenza delle ossservazioni) ipotesi del cilindro, e preferisse attribuire alla Terra la figura della sfera, più simmetrica e meglio corrispondente a quella dell'universo sferico, che Anassimandro supponeva circondarla da ogni parte. Queste grandi scoperte della sfericità della Terra e del suo isolamento nello spazio non sono inferiori, per merito e per difficoltà, a quelle per cui vanno celebrati i nomi di Copernico e di Newton. Ma per esser tanto lontane dal comune concetto e dalle quotidiane apparenze, durarono fatica ad esser comprese, anche da menti dotte: e più di un secolo dopo, uomini come Empedocle ed Anassagora e Democrito non ne erano ancora convinti. Bensì pare che l'adottasse subito Pitagora di Samo (569-470) discepolo di Ferecide, e con esso tutte le scuole dei Pitagorici.

La forma sferica della Terra condusse subito a scoprire la vera teoria dei climi geografici. Infatti allora per la prima volta si potè comprendere il motivo del fatto (già a quanto pare riconosciuto da Talete), dell'essere i climi terrestri ordinati secondo strisce parallele precedenti da levante a ponente; e tale fu l'origine della dottrina delle *zone*, che dicesi proclamata per la prima volta da Parmenide di Elea (520-450). Nell'ipotesi della Terra piana coperta da una volta emisferica doveano i paesi più caldi esser quelli, nelle cui vicinanze si

credeva sorgesse e tramontasse il Sole; il che aveva dato origine all'antichissimo mito geografico degli Etiopi orientali ed occidentali, abitanti le plaghe estreme del disco terrestre verso levante e verso ponente.

Fu in questo intervallo di tempo (550-450) che nacquero le prime specole astronomiche e meteorologiche. Quei nobili ingegni, veramente degni del nome di filosofi, fin da principio non avevan dubitato della necessità di stabilire lo studio della natura sull'accurata osservazione dei fatti. L'incessante vicenda dei moti celesti e dei fenomeni atmosferici domandava uno studio diligente e costante; nè mancarono persone, che a tale studio consacrassero per anni ed anni la loro vita. Le loro specole eran tutte in luoghi elevati; perchè da esse si doveva dominare un orizzonte libero, che permettesse di ben fare le essenzialissime osservazioni del levare e dell'occaso mattutino e vespertino delle stelle. Sono a noi pervenuti i nomi di Matriceta da Metimna nell'isola di Lesbo, il quale osservava sul vicino monte Lepetimno; di Cleostrato da Tenedo (520), che aveva la sua specola sul monte Ida di Troade; di Faino Ateniese (450), che l'aveva presso Atene sul monte Licabetto; di Anassagora Clazomenio (500-430), che prima d'insegnare in Atene aveva da giovane osservato sul monte Mimas, poco discosto da Clazomene sua patria. L'idea di seppellire le specole tra il fumo, la polvere, e il fracasso delle città popolose è tutta moderna.

V. Primi studi sul grande anno e sui cicli lunisolari; Cleostrato, Arpalo, Enopide, Filolao; Democrito e il suo Parapegma.

Il concetto fondamentale di una connessione reciproca di tutte le parti della natura fu la sorgente da cui derivarono per più secoli tutte le indagini fatte dai Greci per giungere ad intendere l'andamento dei fenomeni atmosferici e a prevederne le vicende per l'avvenire. Data infatti tale connessione, e supposto (come allora si doveva) che le apparenze degli astri e delle meteore abbiano sede comune, o almeno sedi vicine, nelle regioni superiori; era ovvio concepire l'idea, che tali apparenze dovessero essere fra loro collegate nelle cause e nel modo d'azione. Nè a questa conclusione si opponevano i fatti comunemente conosciuti; l'influsso del Sole e del suo annuo

periodo eran troppo manifesti, sia considerati nel tempo (stagioni), sia considerati geograficamente (climi). Veramente questo influsso, per ciò che concerne l'atmosfera ed i venti, non si mostra con quella regolarità e costanza, che si potrebbe aspettare; le perturbazioni sono incontestabili, e certamente non senza causa. Era logico e naturale cercare questa causa negli astri più cospicui dopo il Sole, e specialmente nella Luna, al cui periodo parevano informarsi anche allora certi fenomeni dell'atmosfera, del mare, e della natura organica (1).

Per l'indagine di tali influenze fu presa come base una idea altrettanto semplice, quanto ingegnosa. Dato che tutto dipenda principalmente dal Sole e in seconda linea dalla Luna, e che si possa provvisoriamente negligere la considerazione degli altri corpi celesti di tanto minor luce e appariscenza; è chiaro che l'influsso combinato dei due astri dovrà riprodurre i medesimi effetti tutte le volte che essi occuperanno simultaneamente le medesime posizioni nei rispettivi periodi. Se quindi si potrà trovare una durata di tempo tale, che comprenda un numero intiero di periodi lunari e solari, tale durata potrà considerarsi come il vero anno cosmico, in capo al quale, tutti gli effetti naturali, in quanto sono connessi col moto dei due luminari, debbono riprodursi. Così nacque il famoso problema del *grande anno* sul quale tanto studiarono i Greci, specialmente nel quinto secolo avanti Cristo. Esso non aveva soltanto per oggetto di ottenere un ordine fisso ed uniforme per il calendario; ma ancora, e più, quello di prevedere i fenomeni del Sole, della Luna, delle stelle, le vicende dei venti, delle piogge e delle tempeste. Passiamo ora brevemente in rassegna (per quanto la scarsità delle notizie a noi tramandate lo concede) i lavori e le speculazioni, a cui le idee qui sopra esposte hanno dato origine,

Abbiamo già nominato qui sopra Cleostrato da Tenedo (520), de' cui lavori il tempo ha lasciato sopravvivere poche memorie (2). Pare che egli abbia studiato il moto annuo del Sole

(1) Circa l'influsso della Luna sulle cose naturali vedi *De Generatione Animalium*, IV, 10 (*Aristotelis Stagiritae* Operum Tomus Secundus. Lugduni 1549, p. 380); MACROBIUS, Lipsiae 1888, pp. 461, 497; PLUTARCO, *Quaestionum Convivalium* Lib. III, c. 10. Tutto il lungo capitolo è consacrato a questa materia, di cui si dan molti e vari esempi.

(2) Poema astronomico di CLEOSTRATO: v. E. MAASS, *Aratea*. Berlin 1892, pp. 158, 329. Cleostrato introdusse i Capretti come costellazione, *ibid.* p. 341.

fra le stelle con maggior precisione, che non facesse Anassimandro: ed abbia determinato pel primo le undici costellazioni zodiacali (dico *undici*, perchè la Libra fu formata più tardi colle due zampe anteriori dello Scorpione). Al suo nome si connettono i primi indizi delle ricerche concernenti il *grande anno*; anzi da un autore è attribuita a lui la prima invenzione del periodo lunisolare detto *ottaeteride*, il quale conteneva 99 lunazioni distribuite in otto anni solari. Questo periodo tuttavia era noto ai Greci in tempi anteriori a Cleostrato, e se ne trovano numerose tracce nell'ordinamento di varie feste religiose e civili della nazione. Citerò soltanto i giuochi Olimpici, i quali si celebravano a luna piena, alternatamente ad intervalli di 49 e di 50 lunazioni: ed i giuochi Pitici, che nei tempi più antichi si facevano a Crissa presso Delfo ad intervalli di 8 anni. Tale ciclo è assai imperfetto, quale si conviene ai secoli anteriori alle guerre Mediche. Infatti 8 anni rappresentano per noi prossimamente 2922 giorni, mentre 99 lune durano realmente 2923 $^1/_2$ giorni. Qualunque sia la disposizione adottata e la distribuzione dei mesi *pieni* e *cavi* (cioè di 30 e di 29 giorni), non è possibile evitare dopo 8 anni una discordanza di un giorno e mezzo fra il corso del Sole e quello della Luna; discordanza che accumulandosi in capo a poche ottaeteridi doveva diventar sensibile anche agli osservatori di quel tempo. Noi possiamo credere, che Cleostrato abbia cercato di appianare in qualche modo la difficoltà, della quale il vero carattere è chiaro per noi, ma certamente non altrettanto per lui; in qual modo l'abbia fatto, quale durata abbia stabilito per l'ottaeteride, e come vi abbia disposto le lune e gli anni, è intieramente oscuro. Che egli abbia preso l'ottaeteride come base per definire con qualche precisione il ritorno dei fenomeni astronomici e per fissare le epoche più importanti delle vicende atmosferiche è più che probabile, quantunque non ci sia attestato in modo positivo.

Qualche maggior notizia abbiamo da Arpalo [1] (470?); il quale pare intraprendesse di riformare l'opera di Cleostrato,

[1] Secondo i *Laterculi Alexandrini* che Diels ha pubblicato da un papiro dell'epoca tolemaica (Abhandlungen der k. Preussischen Akademie der Wissenschaften. Aus dem Jahre 1904. Berlin, 1904, pp. 8-9). Arpalo si chiamava l'ingegnere che costruì per Serse il ponte sull'Ellesponto. La epoca qui sopra fissata 470 corrisponderebbe bene e attesterebbe in favore dell'identità di questo Arpalo col riformatore dell'ottaeteride. Anche Diels nel luogo citato sembra considerare come probabile questa identità.

e ad ogni modo, di correggere nuovamente l'ottaeteride, il cui andamento non poteva a lungo conciliarsi coi periodi della Luna e del Sole simultaneamente. Secondo Arpalo l'anno solare comprendeva prossimamente 365 $^1/_2$ giorni. Otto anni gli davano dunque 2924 giorni, i quali si potevano facilmente ordinare in 99 mesi, facendone 53 pieni e 46 cavi. Questa disposizione risponde abbastanza bene al corso della Luna, avendosi 99 lune = 2923 $^1/_2$ giorni; ma devia troppo dal corso del Sole secondo cui 8 anni = 2922 giorni. Arpalo lasciò scritti che esistevano ancora ai tempi di Plinio; e questi lo cita fra gli autori di Calendari astrometeorologici da lui consultati.

Quello dell'ottaeteride fu il primo tentativo per arrivare alla determinazione del grande anno, o del periodo che riconduce i medesimi effetti del Sole e della Luna; coll'aiuto del quale, dalle osservazioni di otto anni si supponeva possibile di prevedere con sufficiente sicurezza, giorno più, giorno meno, tali effetti per gli otto anni successivi. Ma presto si presentò il problema di comprendere nel grande anno anche le rivoluzioni dei pianeti, i quali cominciarono ad esser meglio conosciuti in Grecia appunto verso quest'epoca. Tale fu certamente l'idea che ebbe Enopide di Chio, filosofo Pitagorico contemporaneo di Anassagora (450), quando propose il suo grande anno composto di 59 anni solari; del quale tanta gli parve l'importanza, che ne fece scolpire l'ordine e la divisione sopra una tavola di bronzo, affissa pubblicamente in Olimpia. Questo è il primo esempio accertato di un *parapegma* astronomico; cioè di un calendario ciclico affisso in pubblico e proposto per l'uso generale. L'intervallo di 59 anni solari rappresenta molto esattamente il doppio della rivoluzione di Saturno, e abbastanza bene il quintuplo di quella di Giove; quelle di Venere e di Mercurio nel sistema geocentrico sono identiche al periodo annuo del Sole: delle rivoluzioni di Marte nè allora, nè poi ancor per molto tempo si ebbe un'idea esatta, a cagione delle grandi divagazioni che fa questo pianeta. La lunghezza dell'anno solare era assunta da Enopide in giorni 365 $^{22}/_{59}$; questo numero, moltiplicato per 59 dà come durata totale del ciclo giorni 21557 e 730 lunazioni quasi esattamente. Il ciclo di Enopide rappresenta bene il moto della Luna, ma non altrettanto bene quello del Sole, perchè in realtà 59 anni solari non arrivano a 21550 giorni. Era tuttavia un

notevole progresso rispetto all' ottaeteride d'Arpalo. Enopide fu altresì osservatore; scrisse sulle cause dell' inondazione del Nilo, e sul calore interno della Terra. Il suo nome è registrato da Plinio fra gli autori di astrometeorologia da lui consultati [1].

Il periodo di 59 anni ebbe la sua fase di celebrità; da vari scrittori è nominato come rappresentante del grande anno cosmico, e come tale fu adottato altresì da Filolao di Taranto (430), celeberrimo Pitagorico, le cui speculazioni sulla struttura dell' universo hanno tanta importanza nella storia dell' antica astronomia. Ma la divisione da lui adottata di questo periodo, anzi che presentarsi come risultato di nuove e diligenti osservazioni, deriva da una ingegnosa, benchè poco felice, applicazione delle proprietà misteriose dei numeri, delle quali, come è noto, la setta Pitagorica fece tanto abuso. Filolao cominciò per stabilire, che l'anno solare dovesse essere di 364 $^1/_2$ giorni, durata assai più lontana dal vero, che quelle di Arpalo e di Enopide; e perchè l'abbia fatta tale, vedremo subito. Cinquantanove di tali anni gli davano giorni 21505 $^1/_2$, i quali egli ripartiva in 729 lunazioni di 29 $^1/_2$ giorni ciascuna. Con queste egli formava 38 anni comuni di 12 lune, e 21 anni intercalari di 13 lune.

Quanto fosse errato questo computo rispetto ai periodi veri del Sole e della Luna si può vedere, notando che per noi 59 anni solari danno giorni 21549,3 e 729 lune danno giorni 21527,8; mentre Filolao ne contava soli 21505 $^1/_2$. Ma dal punto di vista Pitagorico il mondo doveva essere regolato secondo i misteri dei numeri; e sotto tale riguardo il grande anno filolaico era veramente maraviglioso. Poichè il numero delle sue lunazioni, cioè 279, era il quadrato del numero 27, che esso stesso è il cubo del sacro numero 3. Il numero 364 $^1/_2$ dei giorni contenuti in un anno godeva poi di analoga proprietà. Contando infatti come unità separata di tempo la parte chiara del giorno e la notte scura come un' altra unità (siccome è prescritto dalla natura stessa delle cose), il numero di tali unità diurne e notturne contenute in un anno riusciva il doppio di 364 $^1/_2$, cioè di nuovo 729, cubo-quadrato di 3; onde questo risultava tanto dal Sole, quanto dalla Luna. Quali

[1] Sul viaggio di Enopide in Egitto e su quanto ivi i sacerdoti dicevano aver egli imparato della teoria del Sole: vedi Diodoro I, 96 e 98.

eleganti inezie! esclamerà il lettore. Ma purtroppo la filosofia naturale dei Greci aveva cominciato a deviare dalla dritta via per cui l'avevano avviata i suoi fondatori Talete ed Anassimandro.

Questa via invece si studiò di seguire Democrito di Abdera (480-380), gran maestro di osservazione e di scienza positiva, che cogli altri atomisti si può considerare come il legittimo continuatore dei filosofi ionii. Durante la sua lunghissima vita e mercè di estesi viaggi egli ebbe occasione di raccogliere una gran massa di cognizioni su argomenti diversissimi della filosofia naturale; e di tali cognizioni lasciò ricordo in numerosi libri. dei quali altro non rimase che il titolo e pochi frammenti. Alcune opere di magia, astrologia, ed alchimia, che già anticamente gli erano attribuite, e di cui qualche cosa si è conservato, non appartengono a lui. Fra i libri che veramente si possono considerare come opera di Democrito, parecchi si collegavano manifestamente col nostro argomento. Due di essi, uno *Sulle cause celesti*, l'altro *Sulle cause atmosferiche* dimostrano in modo evidente coi loro titoli, che già ai suoi tempi si sentiva doversi fare qualche distinzione fra l'Astronomia e la Meteorologia. Aveva egli altresì scritto un libro *Sul grande anno*; del quale si è conservata la notizia, il grande anno di Democrito esser stato di 82 anni solari e 1012 lunazioni. Gli anni comuni erano 54 in ogni periodo, gli anni intercalari 28. Se questi numeri sono esattamente riferiti, convien dire che il filosofo di Abdera non conobbe molto esattamente il rapporto della durata dell'anno solare alla durata della lunazione. Non è possibile infatti comporre con questi numeri un ciclo che si adatti ugualmente bene al corso del Sole e a quello della Luna. Democrito scrisse inoltre un trattato d'Astronomia, a cui era annesso un parapegma o calendario astrometeorologico. È questa la prima di tali composizioni, di cui ci resti qualche frammento, e ci sia concesso di prendere qualche idea. Dei frammenti il lettore vedrà più sotto qualche saggio: quanto all'ordine del parapegma, pare che esso constasse di due colonne, nella prima delle quali eran segnati in ordine progressivo i 365 giorni dell'anno a partire da un punto fisso del movimento del Sole, e probabilmente a partire dal solstizio estivo. Non vi era segno di mesi, per la posizione incerta e molto variabile che avevano i mesi dei Greci rispetto ai quattro cardini dell'anno. Nella seconda colonna erano segnate le osservazioni

dello stato del cielo e dei venti, che l'autore aveva potuto registrare sotto ciascun giorno per più anni, prendendo una specie di media fra le indicazioni dei vari anni, quando esse eran discordi, o segnando talvolta anche la varietà di tali indicazioni, quando esse erano inconciliabili. Tali indicazioni si conservano in piccola parte, circa 35 per tutto l'anno. Lo scopo di tale composizione era manifestamente quello di segnare giorno per giorno le *probabilità* del tempo che si poteva aspettare; ed anche quello di segnare verso quale epoca dell'anno si dovevano aspettare certi fenomeni periodici, come per esempio la apparizione delle *etesie* o venti regolari. Affinchè poi si potesse ravvisare facilmente in cielo le epoche più importanti connesse col corso del Sole, oltre alle *episemasie* o pronostici meteorologici, si davano nel parapegma le epoche del levare e tramonto mattutino e vespertino di alcuni astri principali, in corrispondenza colle episemasie stesse. Su questo tipo furono di poi costrutti anche tutti gli altri parapegmi dei Greci fino al tempo in cui essi adottarono il calendario romano.

Se dobbiamo credere a Plinio [1] Democrito sarebbe anche stato il primo a stabilire regole meteorologiche circa gl'influssi della Luna secondo le sue fasi; le quali poi, tradotte in bei versi da Arato e da Virgilio sopravvissero tanti secoli, e ancora oggi sotto tante forme hanno conservato qualche fautore. Che nell'opinione popolare del suo tempo egli fosse grande intenditore dei fenomeni meteorologici risulta dalla novella che di lui si narra, aver egli salvato la messe di suo fratello Damaso

[1] *Vergilius etiam in numeros Lunae digerenda quaedam putavit, Democriti secutus ostentationem; nos legum utilitas in hac quoque movet parte. Hist. Nat.* lib. XVIII, cap. 32. Ad onor del vero debbo aggiungere, che l'autorità di Plinio su questo argomento mi pare alquanto sospetta; perchè egli riteneva come genuini tutti gli scritti attribuiti a Democrito, anche quelli di cui già al suo tempo si contestava l'autenticità (vedi *Hist. Nat.* lib. XXX, cap. I); e potrebbe essere che da uno di tali falsi scritti avesse ricavato le notizie qui sopra. Il primo e più noto dei contraffattori di Democrito fu un Egiziano, certo Bolo da Mendes, già noto a Columella. Ora consta che degli scritti di Bolo uno aveva per titolo: *Intorno ai pronostici del Sole, della Luna, della grand' Orsa, della lucerna, e dell' iride*; e da questo appunto potrebbe Plinio aver desunto i pronostici lunari da lui attribuiti a Democrito. Il dubbio è grave e non vedo il modo di risolverlo.

predicendogli una furiosa pioggia, della quale poche ore prima nessuno aveva veduto il minimo indizio [1].

VI. Metone, Eutemone, Eudosso, Filippo e Callippo.

Nessuno dei sistemi proposti per il grande anno lunisolare ha raggiunto la fama di quello, che oggi ancora sotto la denominazione di *Numero Aureo* è usato nei calcoli del calendario ecclesiastico. Questo ciclo [2], che ragguaglia con notabile precisione 19 anni solari con 235 lune, fu inventato in Atene e pubblicato ai tempi di Pericle dal celebre Metone (470-410) figlio di Pausania, nativo di Leuconoe borgo dell'Attica; onde talvolta è detto anche Ateniese. Dall'astronomo Faino, già più sopra nominato, aveva appreso il modo di determinare l'epoca dei solstizi, e si applicò egli stesso ad analoghe osservazioni; dalle quali, comparate con quelle del suo maestro, determinò in giorni 365 $^5/_{19}$ la durata dell'anno solare con esattezza notevolmente maggiore che quella dei suoi predecessori, benchè l'errore sia ancora di circa mezz'ora in più. Combinandola con quella della rivoluzione sinodica dalla Luna, trovò di poter rappresentare 19 di tali anni con 235 lunazioni, riconducendo

(1) Da Zeller, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwickelung dargestellt*, V. p. 337 (note): Il filosofo Boeto nel suo commentario ad Arato aveva cercato di determinare, di spiegare i pronostici del tempo (Cicero *de Divin.* I, 8 e II, 21). Così pure Posidonio. I testi di Cicerone sono addotti dallo stesso Zeller, V. p. 557.

Cic. Div. I, 8:

— quis igitur elicere causas praesensionum potest? et si video Boethum stoicum esse conatum, qui hactenus aliquid egit, ut earum rationem rerum explicaret, quae in mari caelove fierent. —

Cic. Div. II, 21:

— nam et prognosticorum causas persecuti sunt et Boëthus stoicus et Posidonius. —

(2) Il ciclo di Metone è nominato anche da Arato (*Arati Solensis* Phaenomena etc. curavit I. T. Buhle. Lipsiae, 1793) vv. 752, 753:

. . . . τὰ γὰρ συναείδεται ἤδη
Ἐννεακαίδεκα κύκλα φαεινοῦ ηελίοιο.

. . . . *concinunt enim iam*
Novem et decem circuli lucidi Solis.

Il commentatore dà notizie su Metone, che non dovranno trascurarsi.

così i due astri allo stesso punto dopo 6940 giorni [1]. Egli costituì pertanto un ciclo di questa durata, distribuendolo rispetto alla Luna in 110 mesi *cavi* e 125 *pieni*, in modo che ad ogni mese corrispondesse sempre con sufficiente esattezza una lunazione effettiva; e rispetto al Sole in 12 anni comuni (di 12 mesi) e in 7 anni intercalari (di 13 mesi) così avvicendati, da ottenere che il principio d'ogni anno si discostasse non più di tre settimane dal momento del solstizio estivo.

Metone fece conoscere questa sua scoperta l'anno 432 avanti Cristo; e non solo in Atene, ma anche in altri luoghi della Grecia furono esposti pubblicamente quadri comprendenti per tutta la durata di un intiero ciclo non soltanto la distribuzione degli anni comuni ed intercalari, dei mesi pieni e cavi: ma altresì per ogni anno del ciclo le date dei solstizi, il principio delle stagioni, e probabilmente le epoche religiose e civili più importanti. In una sezione o tabella complementare era il parapegma o calendario astrometeorologico propriamente detto; nel quale in correlazione alle epoche fondamentali dei due solstizi era esposta la successione e la distribuzione, per l'intervallo di 365 giorni, dei fenomeni, il cui ritorno è strettamente legato al Sole; cioè il levare e l'occaso delle principali stelle, e le *episemasie* o pronostici meteorologici. Di questa parte del calendario Metonico sono giunti sino a noi alcuni pochi frammenti, insufficienti a dir vero per soddisfare la nostra curiosità; non comprendendo che le indicazioni per 8 o 10 giorni al più. Tuttavia da esse si può rilevare che il contenuto e la disposizione era identica a quella dei parapegmi di Democrito e degli osservatori più recenti. Perchè dopo i tempi di Metone e di Democrito, tali composizioni furono in grande favore, e non v'ebbe quasi astronomo di qualche nome per più secoli, che non si credesse in dovere di proporre il suo parapegma, dimostrante in compendio il risultato delle osservazioni da lui fatte sul levare e sull'occaso delle stelle, sui solstizi ed equinozi, e sulle mutazioni dell'atmosfera. E che il pubblico apprezzasse molto il valore delle predizioni ed

[1] Secondo i dati moderni 19 anni fanno giorni 6939,60 e 235 lunazioni danno giorni 6939,69; il ragguaglio di 19 anni con 235 lunazioni è dunque assai prossimo al vero; non altrettanto si può dire del numero 6940 dei giorni solari assegnati al ciclo, il quale è in eccedenza di quasi 10 ore rispetto al Sole e di 7 $^1/_2$ ore rispetto alla Luna

avesse nelle medesime grande confidenza è attestato dal numero considerevole di parapegmi di cui si è conservata memoria. Quello di Metone fu ricevuto con plauso generale, e la fama se ne conservò lungo tempo non solo presso i Greci, ma anche presso i Romani. Scrive Diodoro Siculo: « Quest' uomo (Metone) sembra essere stato molto fortunato nell' annunziare i fenomeni delle stelle; esse infatti si muovono proprio secondo le sue indicazioni, *e producono le variazioni di tempo da lui annunziate*. Perciò fino ai nostri giorni quasi tutti i Greci si valgono del ciclo di 19 anni e non si sbagliano punto ». Sembra tuttavia che l' introduzione del nuovo computo non si facesse in Atene senza qualche difficoltà, in mezzo ai trambusti politici della guerra del Peloponneso. Aristofane, che non dubitò di esporre in iscena alle pubbliche risa un uomo come Socrate, ha posto in burletta anche l' invenzione di Metone, senza però nominarne l' autore. Nove anni dopo la sua pubblicazione, fu data la prima rappresentazione delle *Nuvole*; nelle quali il poeta introduce la Luna a lamentarsi, che gli Ateniesi non sanno più ordinare a dovere il corso dei mesi; gli Dei immortali, disorientati col nuovo *orario* dei pubblici sacrifizi, sono talvolta costretti a tornare a casa senza cena. Ecco in qual modo Augusto Franchetti ha reso in italiano questo lepido pezzo, che termina la parte prima della commedia. Parlan le nuvole:

La luna, mentre a venir ci apprestavamo,
Scontrata abbiamo; la quale ha voluto
Darne incombenza che prima facessimo
A quei d' Atene ed ai soci un saluto;

E poi v' avessimo a dir, ch' ella è in collera
Per gravi offese da voi sconoscenti
Recate a lei, che v' è tanto benefica,
Non a parole, ma a fatti patenti.

Già vi risparmia una dramma di fiaccole
(Non meno!) al mese; esce ognuno dicendo;
= La torcia, bimbo, non stare a comprarmela,
Stasera! è un lume di luna stupendo! =

E aggiunge pure, che ha molti altri meriti,
Ma che, mentr' ella a giovarvi s' adopra,
Mal voi serbate dei giorni la regola,
Ed ogni cosa mettete sossopra;

Sicche dai Numi ha minacce e rimproveri,
Che tornan su della cena frodati,
E a' di prefissi, una festa non trovano;
Quand' è stagion d' offrir ostie ai Beati

Date i tormenti, o sedete da giudici;
Spesso cadendo il digiuno divino,
Mentre piangiamo Mennòne o Sarpèdone,
State libando a gioioso festino.

Però quest' anno sortito era Iperbolo
Hieromnemòne; e gli abbiamo, noi Dive,
Strappato il serto; avrà appreso che l' ordine
S' ha da tener che la Luna prescrive!

Ma nella commedia degli *Uccelli*, recitata alcuni anni più tardi, vi è anche di peggio: Metone è rappresentato in persona come un visionario ed un ciurmatore; almeno per tale crede di descriverlo Aristofane, dicendo che egli misura l' aria, e si offre a disporre le strade della nuova città secondo i principi di geometria! Tutto questo non ha impedito che il nome di Metone giungesse alla fama, che giustamente gli era dovuta. Ancora assai tempo dopo si mostrava l' eliotropio, eretto da lui nel luogo delle pubbliche assemblee, detto Pnyx; col quale apparato aveva determinato il suo solstizio fondamentale, o l' epoca principale del suo calendario. Ed in Colono, sobborgo d'Atene si mostrava un monumento astronomico [1], consacrato da lui per tramandare ai posteri la sua importante scoperta.

Al nome di Metone si trova talvolta associato presso gli scrittori quello di Eutemone (460-390), il quale pare fosse suo coadiutore nelle osservazioni astronomiche e di lui alquanto più giovane. Non solo egli proseguì con zelo le osservazioni dei solstizi, alle quali seppe dare un notevole grado di precisione; ma pare che sia stato il primo a determinare con esattezza altresì le epoche degli equinozi. Come è ben noto, gli equinozi servono a determinare la durata dell'anno solare con molto maggior precisione, che i solstizi, ma il metodo per la loro osservazione non è altrettanto ovvio, e richiede già certe nozioni geometriche sulla natura del moto apparente del Sole. Già Democrito aveva diviso l'anno in quattro parti per mezzo degli equinozi e dei solstizi, ma egli supponeva che tali parti

[1] De Metonis monumento vide Maass, *Aratea*, p. 13.

fossero fra loro eguali. Invece Eutemone dalle sue osservazioni fu condotto ad una scoperta capitale, che dovette allora sembrare molto imbarazzante. Egli trovò che il Sole impiega intervalli diversi di tempo a percorrere i quattro quadranti del circolo zodiacale, compresi fra i punti equinoziali e solstiziali [1]. Tali intervalli, a partir dal solstizio estivo, risultavano di 91, 89, 92 e 93 giorni. Eutemone li assunse come punti fondamentali del parapegma astrometeorologico, nel quale compendiò le molte osservazioni da lui fatte in Atene, in Macedonia, ed in Tracia. Di questo parapegma sono giunte sino a noi circa 70 indicazioni.

Celeberrimo tra tutti i parapegmi fu quello pubblicato da Eudosso di Cnido (406-350). Il suo nome, quando si discorre di geometria, è dagli antichi accoppiato con quello d'Archimede, e quando si tratta di astronomia è messo al pari con quello d'Ipparco. Ad Eudosso si deve la prima notizia sicura dell'anno di 365 $^1/_4$ giorni, che divenne poi di tanta importanza nella cronologia. Forse durante il suo soggiorno in Egitto ne apprese la cognizione da quei sacerdoti, i quali si crede generalmente che da molti secoli ne fossero in possesso, e lo deducessero dall'osservazione assidua del levare eliaco di Sirio, il cui periodo per tutta la durata dell'impero Faraonico fu veramente di 365 $^1/_4$ giorni quasi esatti. Non è impossibile tuttavia, che Eudosso la deducesse dal confronto dei solstizi e degli equinozi determinati da Faino, Metone, ed Eutemone, con quelli che ancora al suo tempo si potevano osservare in Atene all'eliotropio dello Pnyx. E può essere ancora, che il consenso delle osservazioni greche e delle tradizioni egiziane lo abbia condotto a stabilir l'anno di 365 $^1/_4$ giorni come base del suo calendario. Comunque ciò sia stato, dobbiamo ad Eudosso la prima idea (chè fra gli Egiziani anteriori non se ne trova traccia) di un ciclo quadriennale di 1461 giorni solari, analogo a quello che oggi adoperiamo per l'intercalazione del bisesto. Già altri cicli quadriennali erano in uso presso i Greci assai prima, ma il loro principio era diverso, siccome sopra si è detto delle Olimpiadi; eran regolati sulla lunazione di 29 $^1/_2$ giorni, e solo in modo secondario e poco esatto vi si teneva conto del moto del Sole.

(1) De anno Eutemonis vide Maass, *Aratea*, p. 143.

Considerando dunque che ogni 1461 giorni il Sole ritorna a prendere il medesimo luogo nell'eclittica alla medesima ora del giorno, Eudosso adottò questa durata come rappresentante il vero periodo degli influssi solari, dei quali l'anno di 365 o 366 giorni offriva il ritorno soltanto approssimato. Tale idea è esposta da Plinio nei seguenti termini: *Omnium quidem (si libeat observare minimos ambitus) redire easdem vices quadriennio exacto Eudoxus putat, non ventorum modo, verum et reliquarum tempestatum magna ex parte. Et est principium lustri ejus semper intercalario anno, caniculae ortu* (*Hist. Nat.* II, 47). E Columella, discorrendo del numero d'anni necessario per esperimentare tutte le qualità di un fondo: *Sed ubi plurimis velut emeritis annorum stipendiis fides surculo constitit, nihil dubitandum est de foecunditate. Nec tamen ultra quadriennium talis extenditur inquisitio; id enim tempus fere virentium generositatem declarat, quo Sol in eandem partem signiferi per eosdem numeros redit, per quos cursus sui principium coeperat. Quem circuitum meatus dierum integrorum mille quadringentorum sexaginta unius* ἀποκατάστασιν *vocant studiosi rerum caelestium.* (*De re rustica,* lib. III, cap. VI). Questo ciclo essendo puramente solare, non corrisponde al ritorno della Luna: epperò gli effetti sull'atmosfera e sulla vegetazione si restituiscono soltanto *magna ex parte*, siccome dice Plinio. Per tener conto degli influssi lunari Eudosso ritornò all'antica *ottaeteride*; duplicando il ciclo precedente formò così il suo anno grande di 2922 giorni solari, ai quali corrispondevano approssimativamente 99 lunazioni di giorni 2923 $^1/_2$. La differenza di un giorno e mezzo sarebbe stata intollerabile in un ciclo destinato a regolare la cronologia, nè certo poteva quel grande astronomo ignorare il ciclo tanto più esatto di Metone [1]. Ma trattandosi semplicemente del rin-

[1] Quegli eruditi, i quali credono che Eudosso abbia risuscitata l'ottaeteride soltanto per uso del Calendario, non sapendo come spiegare questo regresso rispetto al computo di Metone, hanno supposto che il ciclo d'Eudosso non fosse di una ottaeteride sola, ma di venti ottaeteridi o 160 anni; in capo ai quali la differenza di 1 $^1/_2$ giorni qui sopra accennata, accumulandosi, riesce a formare una lunazione intiera di 30 giorni. Questa, omessa in capo a 160 anni, ristabiliva, secondo loro, l'accordo fra il computo lunare ed il solare. Noteremo a questo proposito, che l'uso di questo ciclo di 160 anni non è attestato che assai vagamente da un solo autore, il quale sembra piuttosto che l'abbia inventato per suo conto, e ad ogni modo non nomina affatto Eudosso. La celebrità di questo astronomo non avrebbe certamente lasciato in ombra così densa la memoria del ciclo di 160 anni,

novarsi delle identiche combinazioni d'influssi solari e lunari, la differenza di un giorno e mezzo in capo ad otto anni non era tale da influire grandemente sul ritorno delle stagioni e degli effetti solari; dei quali la variazione in tale intervallo, ed anche durante un intervallo doppio o triplo poteva considerarsi come poco sensibile. Il significato meteorologico dell'ottaeteride è indicato chiaramente nel seguente passo di Plinio (*Hist. Nat.* lib. XVIII, cap. 25): *Indicandum est et illud, tempestates ipsas cardines suos habere quadrinis annis, et easdem non magna differentia reverti ratione Solis; octonis vero augeri easdem, centesima revolvente se Luna.*

Nondimeno si può domandare, perchè all'intento di formare un grande anno meteorologico Eudosso non abbia preso per base il ciclo di Metone. Due motivi potevano indurlo a questo. Primo, un ciclo di 19 anni eguali ciascuno a 365 $^1/_4$ giorni non dà un numero intiero di giorni. Secondo, un tal periodo è troppo lungo perchè un solo osservatore possa studiare con esso il rinnovamento degli influssi meteorici. Fra tutti i cicli possibili l'ottaeteride è il più breve, che riconduca approssimativamente i periodi del Sole e della Luna; e perciò fu adottato da Eudosso. Posta dunque da banda ogni supposizione concernente il ritorno ad una forma di calendario antiquata e già reietta, noi dobbiamo considerare l'ottaeteride presso Eudosso come un modo di ordinare periodicamente le osservazioni delle meteore secondo gli influssi combinati del Sole e della Luna. E dobbiamo supporre, che egli, o solo, o con aiuto d'altri osservatori abbia continuato le annotazioni almeno per otto anni, onde esaurire tutte le possibili combinazioni dei due astri. E di questa serie d'osservazioni o del parapegma ottennale su di esse composto parlano gli antichi scrittori quando dicono che l'*ottaeteride* fu inventata da Eudosso e nominano il libro da lui pubblicato con questo nome. L'idea di studiare le variazioni del tempo per tutta questa durata fu seguita anche da altri osservatori, e così si citano Dositeo e Critone come *autori di una ottaeteride eudossiana*: espressione

se egli ne fosse stato l'inventore. Gli scrittori concordemente attribuiscono ad Eudosso una *ottaeteride* composta di due *lustri quadriennali*, della quale il significato non può essere che principalmente meteorologico, siccome risulta chiaramente dalle ragioni addotte qui sopra. Inoltre si può riflettere che una intercalazione a così lunga scadenza (160 anni) era affatto fuori dell'uso e delle idee degli antichi.

che non avrebbe alcun senso, se si volesse intendere di un semplice ciclo astronomico. Sventuratamente di questi grandi lavori non sono restati che pochi ed oscuri cenni, dai quali appena è possibile riconoscerne la vera natura. Numerose indicazioni però ci restano del parapegma *solare* di Eudosso, cioè delle apparizioni stellari e dei pronostici in quanto si riferiscono unicamente alla posizione del Sole nell'eclittica. Del come fossero utilizzate le osservazioni dell'ottaeteride per studiare la parte d'influsso dovuta alla Luna, non sappiamo nulla. Le episemasie citate col suo nome ascendono al numero di circa 120, ma ben altre molte sono passate negli antichi calendari romani senza indicazione particalare del loro autore [1].

Filippo Locrese (390-320), detto anche Filippo di Medma o Filippo d'Opunte dalle città dove nacque o fu cittadino, è annoverato fra i più illustri ornamenti dell'Accademia, ed ebbe l'incarico di pubblicare e completare le opere postume di Platone. Fu il primo, di cui si riferiscano i tentativi per determinare la grandezza del globo terrestre. Egli fece anzi di più; geometra valente qual era, ebbe l'ardire d'investigare anche le distanze e le grandezze del Sole e della Luna. Osservò lungamente i fenomeni del cielo e dell'atmosfera nella Locride, nella Focide, e nel Peloponneso; restano del suo parapegma circa 20 episemasie. Scrisse anche un trattato *Sui venti*; nel che era già stato preceduto un secolo prima da Acrone, medico di Agrigento (450).

Callippo Cizicenо (380-310), amico e contemporaneo d'Aristotele, occupa nella storia dell'Astronomia un posto distinto per la sua riforma del sistema cosmico d'Eudosso, per diligenti osservazioni equinoziali e solstiziali, e per la precisione con cui il corso del Sole e della Luna sono rappresentati nel grande anno da lui proposto, che fu poi chiamato *il periodo callippico*. Esso abbraccia 76 anni solari di 365 $^1/_4$ giorni e contiene quindi in tutto 27759 giorni ripartiti in 940 mesi, di cui 499 pieni, e 451 cavi. Dei 76 anni del ciclo 28 sono intercalari o di 13 mesi, gli altri 48 sono comuni. Non è altro insomma che il ciclo di Metone quadruplicato, a cui sulla fine è stato detratto un giorno. Il periodo callippico, come notabilmente più esatto di quello di Metone tanto pel Sole quanto per la Luna, fu per

[1] De Eudoxi et Eratosthenis octaeteride vide MAASS, *Aratea*, pp. 14, 15 e 16.

vari secoli in uso presso gli astronomi greci; ma a cagione della sua eccessiva lunghezza non pare sia stato mai applicato al calendario civile, e certamente mai non lo fu agli studi di meteorologia. Nondimeno Callippo è da annoverarsi fra i più zelanti cultori di questi studi. Nel suo parapegma, del quale restano più di 60 indicazioni, i quattro intervalli disuguali in cui l'anno è diviso dagli istanti degli equinozi e dei solstizi sono assegnati con precisione assai maggiore che presso i suoi predecessori Democrito, Eutemone ed Eudosso. Le sue osservazioni diconsi fatte in luoghi vicini all'Ellesponto, da cui del resto Cizico sua patria non era molto lontana.

Quali frutti avessero dato alla scienza le osservazioni diligenti di tanti valenti uomini possiamo argomentarlo leggendo i quattro libri della *Meteorologia* d'Aristotele, dove per la prima volta questo ramo di studio si trova trattato separatamente dall'Astronomia e raccolto in un corpo di dottrina fondata sull'osservazione e sull'analogia. Certamente la fisica che ad esso serve di base lascia molto a desiderare; e delle proprietà occulte si fa un'applicazione troppo frequente. Tuttavia quando si tenga conto dell'epoca in cui fu scritta, si deve confessare che è sempre una cosa ammirabile e degna di quel grande intelletto.

In altre sue opere Aristotele fa continuo uso dei fenomeni del levare e del tramonto delle stelle per determinare le epoche di molti fatti periodici del regno animale e del regno vegetale; e si potrebbe da queste indicazioni insieme raccolte formare un calendario dei fenomeni della natura organica nello stile tenuto da Quételet per la fioritura delle piante.

VII. Conone, Dositeo, Critone, Parmenisco; Ipparco, Giulio Cesare, Metrodoro; osservatori Caldei ed Egiziani.

Conone (300-240) benchè Samio d'origine, è detto Alessandrino, forse per aver soggiornato lungo tempo in Alessandria; osservò in Italia e particolarmente in Sicilia, dove ebbe la fortuna di ottenere l'amicizia di Archimede. Nulla più rimane de' suoi lavori astronomici; ma la sua fama fu grande presso i poeti, grazie alla notissima apoteosi della chioma di Berenice, sposa e cugina a Tolomeo III Evergete, in bei versi celebrata da Callimaco e da Catullo; egli è pure ricordato con lode da Virgilio nella terza Egloga e da Properzio al principio del

libro IV. Ma gli elogi che ne fa Archimede nella lettera dedicatoria premessa al libro *delle Spirali* sono di ben altro peso, e formano il suo più grande e più vero titolo di gloria. Egli lasciò un parapegma, del quale non restano che 16 episemasie.

Dositeo (270-200), che alcuni vogliono nativo di Pelusio nel basso Egitto, osservò gli astri e le meteore nell'isola di Coo. Fu grande amico di Conone or ora nominato, e di Archimede, il quale gli dedicò parecchie fra le sue opere più importanti di Geometria. Del suo parapegma restano più di 40 indicazioni. Dositeo è ricordato come uno di quelli, che nelle loro osservazioni dei fenomeni presero per base l'ottaeteride eudossiana.

Fra i parapegmatisti, che ordinarono le loro osservazioni secondo l'ottaeteride al modo di Eudosso, trovasi nominato Critone di Nasso, che fu anche istorico. Due soli dati del suo parapegma ci furono conservati da Plinio, ed è incerta l'epoca in cui visse. Così pure incerta è l'epoca di Parmenisco [1], del cui parapegma abbiam pure due indicazioni, anche queste riferite da Plinio.

Nella serie dei parapegmatisti dobbiamo pure inscrivere il gran nome d'Ipparco da Nicea (180-110), i cui meriti come riformatore dell'Astronomia non hanno bisogno d'esser ricordati. Prima di stabilirsi in Rodi, dove pare abbia fatto tutti i suoi più importanti lavori astronomici, già nella sua nativa terra di Bitinia si era dato alle osservazioni dei fenomeni stel-

[1] Di Parmenisco trattasi in *Hygini Astronomica* (per cura di B. Bunte, Lipsia, 1875). A p. 5 della prefazione si legge: *Parmeniscus* (citatur ab Hygino) *II, 2; 13 . fuit grammaticus qui Aratum interpretatus est . eumdem librum, ex quo nonnulla affert Hyginus II, 2 etiam Plinius H. N. 18, 74 designare videtur.* Alle pp. 32-33 si legge: . . . . *postea enim, de VII stellis, ut Parmeniscus ait, V et XX sunt a quibusdam astrologis constitutae, ut ursae species, non VII stellarum perficeretur . itaque et ille, qui antea plaustrum sequens Bootes appellabatur, Arctophylax est dictus, et iisdem temporibus quibus Homerus fuit, haec Arctos est appellata . de VII trionibus ille enim dicit, hanc utroque nomine et Arctum et Plaustrum appellari; Bootem autem nusquam meminit Arctophylaca nominari.*

Di Parmenisco tratta anche Alessandro Olivieri nel suo opuscolo: *Nonnulla in Hygini « Astronomica » critice exposita* (Rivista di Storia antica e Scienze affini. Messina, D'Amico, 1897, anno II, n. 3-4).

De Parmenisco vide plura apud Maass, *Aratea*, pp. 141, 162, 214 (adn.) et 329. Grammaticus fuit et scriptor rerum astronomicarum non ignobilis. Floruit autem saeculo II° ante Chr. Post Eudemum historiam astronomiae primus tractavit.

lari e delle vicende atmosferiche. Racconta Eliano, che in una giornata pura e serena egli comparve nel teatro di Nicea bene difeso dal suo mantello: di che si rise da principio, ma non più tardi, quando subitamente rannuvolatosi il cielo, cominciò a piover forte. E aggiungesi che un gran personaggio allora ospite dei Niceni si congratulasse con loro dell'aver essi fra i loro cittadini un filosofo di tanto sapere. Questa novelletta non ha forse maggior fondamento storico dell'altra simile che narrammo più sopra di Democrito, e di un'altra che dicesi di Anassagora nel teatro di Olimpia; ma attesta tuttavia la gran fama di cui godeva Ipparco anche come meteorologista. Del suo parapegma restano circa 50 episemasie. Anche Ipparco costituì un grande anno, quadruplicando il periodo callippico e detraendo ancora un giorno, in modo da avere 111035 giorni ripartiti in 304 anni solari e 3760 lune. Un tal ciclo non poteva essere di alcun uso nella meteorologia o nella pratica del calendario; la sua importanza era puramente astronomica [1].

Quell'uomo straordinario che fu Giulio Cesare (102-44), in mezzo a tanta ambizione e a tanti affari, trovò il tempo d'occuparsi d'astronomia (*de qua libros non indoctos reliquit*, scrive Macrobio), e anche di meteorologia. Quando Lucano colla sua usata grandiloquenza gli fa dire agli Egiziani

Fama quidem generi Pharias me duxit ad urbes,
Sed tamen et vestri; media inter proelia semper
Stellarum, caelique plagis, superisque vacavi,
Nec meus Eudoxi vincetur fastibus annus [2],

non devia punto dalla verità dell'istoria. Dopo di aver ordinato, coll'aiuto dell'astronomo Sosigene e dello scriba Marco

[1] In questa parte bisogna intercalare notizie sui due parapegmi di Mileto scolpiti sul marmo, trovati in quelle rovine e che hanno la data del 112 avanti Cristo. Vi si fa uso dell'anno vago. Il loro autore è un [Epi?]crate. Vedi *Parapegmenfragmente aus Milet*, von H. Diels und A. Rehm. (Sitzungsberichte der k. Preussischen Akademie der Wissenschaften. Jahrgang 1904. Erster Halbband. Berlin 1904, pp. 92-111).

Sull'uso che nei parapegmi di Mileto si fa dell'anno vago egiziano confronta la importante memoria *Aegyptische Chronologie*, von Eduard Meyer. (Abhandlungen der k. Preussischen Akademie der Wissenschaften. Aus dem Jahre 1904. Berlin 1904, p. 3 nota 1).

[2] *Pharsalia* X, v. 184. Qui per *superis* bisogna intendere *alle cose sublimi*, non *agli Iddii*, come vedo alcuno aver fatto. L'espressione corrisponde perfettamente al *meteora* dei Greci.

Flavio le cose del calendario romano secondo il tipo del lustro quadriennale d' Eudosso, e distribuite in esso le ricorrenze civili e religiose e le apparizioni stellari, volle altresì connettervi le *episemasie*, tratte dalle osservazioni da lui fatte in diversi luoghi, principalmente in Sicilia ed in Italia. Altre episemasie si crede vi abbia aggiunto Sosigene, le quali sembrano convenir meglio al parallelo di Alessandria, che a quello di Roma. In tutto se ne son conservate circa 70.

Metrodoro è l' ultimo dei parapegmatisti originali di cui conosciamo il nome. Visse fra i tempi di Augusto e di Antonino, non si sa precisamente quando. Plinio, che cita tanti autori di questo genere, non lo conosce. Osservò in Sicilia ed in Italia, e del suo parapegma si sono conservate circa 35 indicazioni [1].

A completare questa lista rimane che si faccia cenno di due parapegmi anonimi. L' uno è attribuito da Plinio ad osservatori *Caldei*; e ne cita dieci indicazioni. L' altro, che Tolomeo attribuisce agli *Egiziani*, è senza dubbio lavoro di astronomi non nominati della scuola d'Alessandria, e vale per il parallelo d'Alessandria. È giunto fino a noi in stato meno imperfetto degli altri, restandone 172 episemasie.

VIII. Calendari eclettici; Pseudo-Gemino, Tolomeo; Calendario rustico Romano; Claudio Etrusco, Varrone e Columella.

Il lettore meteorologista, al quale spero non sarà riuscita troppo lunga questa presentazione di tanti suoi valorosi colleghi degli antichi tempi, desidera ora senza dubbio di aver un saggio dei loro parapegmi, per potersi formare un' idea della forma e dello stile di quelle composizioni. Sventuratamente non un solo di quei parapegmi è sopravvissuto nella sua redazione e disposizione primitiva, nè in tutto, nè in parte; e non restano che alcuni calendari, i quali chiamerò eclettici, perchè sono stati formati scegliendo e combinando insieme, con criteri a noi ignoti, indicazioni di diversi parapegmi originali.

Il *Parapegma Geminiano* è così detto, perchè trovasi aggiunto in forma di appendice agli *Elementi di Astronomia* di

[1] Su Metrodoro confronta: Pauly, *Real-Encyclopädie der classischen Alterthumswissenschaft* e *La Grande Encyclopédie*.

Gemino, scrittore che si crede contemporaneo di Silla e di Posidonio, e deve aver fiorito intorno a 70 anni prima di Cristo. Da vari contrassegni intrinseci si può argomentare che il parapegma sia più antico degli *Elementi*, e con probabilità si colloca la sua composizione intorno al 180 o 200 avanti Cristo. Esso è compilato sui parapegmi di Democrito, Metone, Eutemone, Eudosso, Callippo e Dositeo; gli intervalli che assegna fra le epoche equinoziali e solstiziali sembrano derivati da Callippo. Non è ordinato secondo i mesi civili o le lunazioni dei Greci, a causa della posizione variabile che tali mesi hanno nei diversi anni; ma è diviso in dodici parti secondo i mesi *zodiacali*, ciascuno dei quali si suppone occupare tanti giorni, quanti ne prende il Sole a percorrere ciascuno dei 12 segni. Le durate di questi mesi pertanto variano dall'uno all'altro fra i limiti di 29-32 giorni, a cagione del moto ineguale del Sole lungo lo zodiaco. Il principio dell'anno è supposto al momento in cui comincia il mese del Cancro, che è il momento del solstizio estivo. Il seguente estratto, che contiene i due mesi del Cancro e del Leone basterà a dare un'idea completa del tutto.

Incominciando dal solstizio estivo

Il Sole percorre il Cancro in 31 giorni.

Giorno 1. Secondo Callippo comincia a levarsi il Cancro. Solstizio estivo; *significa.*

— 9. Secondo Eudosso soffia vento australe.

— 11. Secondo Eudosso Orione si leva tutto intiero.

— 13. Secondo Eutemone Orione si leva tutto intiero.

— 16. Secondo Dositeo la Corona comincia a tramontar al mattino.

— 23. Secondo Dositeo il Cane appare in Egitto.

— 25. Secondo Metone il Cane si leva al mattino.

— 27. Secondo Eutemone il Cane si leva. Secondo Eudosso il Cane si leva al mattino e per 55 giorni seguenti spirano le etesie; dei quali i primi cinque chiamansi prodomi o precursori. Secondo Callippo finisce la levata del Cancro; tempo ventoso.

— 28. Secondo Eutemone tramonta l'Aquila al mattino, e si formano tempeste sul mare.

Giorno 30. Secondo Callippo comincia a levarsi il Leone; venti australi. Il Cane è ben visibile all'oriente mattutino.

— 31. Secondo Eudosso, vento australe.

Il Sole percorre il Leone in 31 giorni.

Giorno 1. Secondo Eutemone il Cane è ben visibile; gran caldo: *significa.*

— 5. Secondo Eudosso l'Aquila tramonta al mattino.

— 10. Secondo Eudosso tramonta la Corona.

— 12. Secondo Callippo si leva la parte media del Leone; gran caldo per lo più.

— 16. Secondo Eudosso *significa.*

— 17. Secondo Eutemone tramonta la Lira; piove e cessan le etesie. Sorge il Cavallo.

— 18. Secondo Eudosso il Delfino tramonta al mattino. Secondo Dositeo la Vendemmiatrice nasce la sera.

— 22. Secondo Eudosso la Lira tramonta al mattino: *significa.*

— 29. Secondo Eudosso *significa.* Secondo Callippo comincia a nascere la Vergine: *significa.*

La parola *significa*, che di quando in quando occorre in questo ed in altri parapegmi, è traduzione letterale del greco σημαίνει ed indica un giorno meteorologicamente importante, nel quale si può aspettare qualche notabile cambiamento di tempo di natura non designata. Lo stesso termine si trova anche usato, benchè più raramente, quando un fenomeno celeste *annunzia* un corrispondente fenomeno meteorologico. Per tal modo il levare mattutino di Sirio *significava* il caldo grave e l'arsura dell'estate, e il tramontare vespertino delle Pleiadi e delle Hyadi *significava* tempo piovoso e l'avvicinarsi dell'inverno.

Si vede, che le epoche dei fenomeni astronomici non sono assegnate dai diversi osservatori al medesimo giorno. Questo proviene in parte da che le osservazioni del levare e del tramonto delle stelle sono soggette ad errori di più giorni, e di errori più gravi per le stelle più lontane dell'equatore. In parte deriva da ciò, che non tutti gli osservatori hanno notato quei fenomeni sotto lo stesso parallelo. Da ultimo anche le dif-

ferenze delle loro epoche lasciano qualche piccolo influsso alla precessione: su di che veggasi quanto sopra dichiarammo, § II.

Più copioso è un altro parapegma, costrutto dal celebre astronomo Tolomeo verso l'anno 140 o 150 di Cristo. Esso è ordinato secondo il calendario Alessandrino, che è una delle forme del calendario Giuliano. La sua parte astronomica (cioè le epoche del levare e dell'occaso mattutino e vespertino delle stelle) non è il risultato diretto delle antiche osservazioni, come nel parapegma Geminiano; ma deriva intieramente dal calcolo. Tolomeo scelse nel suo Catalogo di stelle le posizioni di 30 stelle principali (15 della prima grandezza e altre 15 più brillanti della seconda); e col calcolo dedusse per ciascuna le quattro epoche del levare e dell'occaso mattutino e vespertino, ripetendo l'operazione per cinque paralleli diversi; cioè per il parallelo

di *Siene*,	che ha il	più lungo	giorno	di ore	$13\,^1/_2$;
di *Alessandria*,	»	»	»	»	14;
di *Rodi*,	»	»	»	»	$14\,^1/_2$;
dell' *Ellesponto*,	»	»	»	»	15;
del mezzo del *Ponto*,	»	»	»	»	$15\,^1/_2$.

Tutte queste epoche o *fasi*, in numero di $30 \times 4 \times 5 = 600$ egli dispose ai loro luoghi secondo che occorrevano nei vari giorni dell'anno, e accanto ad esse aggiunse le *episemasie* o pronostici tratti da dodici parapegmi originali diversi (non però in modo da esaurirne completamente il contenuto): dei quali gli autori sono Democrito, Metone, Eutemone, Eudosso, Filippo, Callippo, Conone, Dositeo, Ipparco, Cesare, Metrodoro e gli Egiziani. La disposizione si comprenderà dal seguente estratto, che comprende la prima metà del mese Alessandrino detto *Choiak*; la quale rispetto al corso del Sole corrispondeva in quel tempo all'intervallo compreso fra il 23 novembre e l'8 dicembre del nostro presente Calendario Gregoriano. Per brevità l'indicazione di ciascuno dei cinque paralleli è stata ristretta al numero delle ore del suo giorno più lungo; così dove è scritto « Ora $14\,^1/_2$ » si deve intendere « sotto il parallelo dove il giorno più lungo è di ore $14\,^1/_2$ », cioè sotto il parallelo di Rodi; e così delle altre analoghe designazioni.

Choiak I. Ora 14 $^1/_2$ il Cane tramonta al mattino. Ora 15 la lucida di Perseo tramonta al mattino. Secondo gli Egiziani vento australe e pioggia. Secondo Dositeo *significa*. Secondo Democrito, cielo in disordine, e il mare anche per lo più.

— II. Ora 13 $^1/_2$ la stella che è nella spalla seguente d'Orione si leva alla sera; e così pure quella che è comune al Fiume e al piede di Orione. Ora 14 quella che è nella testa del Gemello seguente si leva alla sera; e tramonta al mattino quella che è nella spalla seguente d'Orione. Ora 14 $^1/_2$ la lucida della Corona boreale tramonta alla sera.

— III. Ora 13 $^1/_2$ quella che è nella spalla seguente di Orione tramonta al mattino. Ora 15 quella che è nella spalla precedente d'Orione si leva alla sera.

— IV. Ora 14 la lucida della Lira si leva al mattino; quella che è nella spalla seguente d'Orione si leva alla sera; la media della cintura d'Orione si leva la sera; così pure quella che è nella testa del Gemello seguente. Secondo gli Egiziani venti occidentali od australi; piove lungo il giorno. Secondo Conone cattivo tempo.

— V. Ora 13 $^1/_2$ la stella chiamata Capra tramonta al mattino e quella che è nella testa del Gemello precedente si leva alla sera. Ora 14 il Cane tramonta al mattino. Ora 15 $^1/_2$ quella che è nella spalla precedente d'Orione si leva alla sera. Cattivo tempo secondo Cesare, Eutemone, Eudosso e Callippo.

— VI. Ora 14 $^1/_2$ quella che è nella zampa anteriore del Centauro tramonta; e quella che è nella spalla seguente d'Orione si leva alla sera. Secondo Metrodoro costituzione procellosa; secondo Eutemone, Filippo e Callippo venti disordinati.

— VII. Ora 14 $^1/_2$ quella che è comune al Fiume e al piede di Orione si leva alla sera, così pure quella che è nella testa del Gemello seguente, ed anche la media della cintura d'Orione. Ora 15 la lucida dell'Uccello si leva al mattino. Secondo

gli Egiziani pioviggina; secondo Cesare e Conone, cattivo tempo.

Choiak VIII. Ora 15 quella che è nella spalla seguente d'Orione si leva alla sera. Ora 15 $^1/_2$ la lucida di Perseo tramonta al mattino. Secondo gli Egiziani pioviggina; secondo Cesare, Eutemone, ed Eudosso, cattivo tempo.

— IX. Ora 13 $^1/_2$ il Cane tramonta al mattino. Ora 14 la stella chiamata Capra tramonta al mattino, e quella che è nella testa del Gemello seguente si leva alla sera, e l'ultima del Fiume egualmente. Secondo gli Egiziani, Dositéo e Democrito, cattivo tempo.

— X. Ora 15 $^1/_2$ la lucida della Corona boreale tramonta alla sera. Ora 15 la media della zona d'Orione si leva alla sera. Secondo gli Egiziani vento libeccio od australe; secondo Eudosso e Dositeo atmosfera procellosa.

— XI. Ora 13 $^1/_2$ quella che è nella testa del Gemello seguente si leva alla sera. Secondo Ipparco gran venti boreali; secondo Eudosso pioggia.

— XII. Ora 14 $^1/_2$ quella che è comune al Fiume e al piede d'Orione si leva alla sera. Secondo Eutemone, Eudosso e Callippo atmosfera procellosa e tempo piovoso.

— XIII. Ora 14 quella che è nella spalla seguente del Cocchiere tramonta al mattino. Ora 13 $^1/_2$ la media della zona d'Orione si leva alla sera. Secondo Cesare, venti australi; secondo Eutemone, Eudosso e Callippo, atmosfera tempestosa e piovosa.

— XIV. Ora 14 $^1/_2$ la stella chiamata Capra tramonta al mattino. Secondo Metrodoro, Eutemone e Callippo, costituzione procellosa. Secondo Democrito, tuoni, fulmini, acqua e vento.

— XV. Secondo gli Egiziani vento impetuoso e freddo, o vento australe piovoso. Secondo Callippo, vento australe, e *significa*.

A questa sua compilazione Tolomeo ha aggiunto una introduzione destinata a spiegare il modo con cui essa è disposta,

ed in qual senso si devono intendere le previsioni dei fenomeni atmosferici. Il parapegma eclettico di Tolomeo e quello di Pseudo-Gemino contengono di gran lunga la maggior parte di quanto ci è restato delle indicazioni contenute nei parapegmi originali. Pochi altri avanzi ne sono stati salvati per mezzo di autori antichi che trattarono incidentalmente questa materia; principalmente per mezzo di Giovanni Laurenzio da Filadelfia nel suo libro *Sui mesi* (scritto verso l'anno 540 di Cristo) del quale si son conservati alcuni frammenti; e per mezzo di Plinio il Vecchio nel libro XVIII della *Storia Naturale*, dove dal capo 24° al 35° si tratta dell'uso delle osservazioni celesti e delle episemasie per l'utile dell'agricoltura. Ambidue citano quasi tutti gli osservatori di cui si è parlato più sopra, e di quasi tutti riferiscono qualche indicazione. Malgrado tutto questo, siamo ben lontani dal poter tentare la restituzione esatta anche di un solo degli antichi parapegmi originali. Non soltanto per essersi perdute molte indicazioni di ognuno; ma anche perchè la data di un medesimo fenomeno assegnata da un medesimo osservatore, è riferita in modo discorde dai vari compilatori.

Non sarà inutile aggiungere qui alcune notizie intorno all'antico calendario rustico dei Romani, il quale è una derivazione dai parapegmi greci. Da tempo immemorabile i contadini del Lazio furono avvezzi a riconoscere le fasi dell'anno nell'aspetto del cielo quale si presenta al cominciar dell'alba e al finir del crepuscolo. Nè da tale necessità poteva liberarli il calendario civile dei Romani, il quale fu sempre più o meno in disordine fino all'epoca della riforma di Giulio Cesare. Di qual sussidio poteva infatti esser all'agricoltura un calendario, che soleva discordare dal corso del Sole di parecchie settimane, e caduto da ultimo in balia dei politicanti, durante le guerre civili arrivò a scostarsene di tre mesi intieri? Quando dunque, insieme a molte altre cose, arrivò dalla Grecia la notizia e l'uso dei parapegmi astrometeorologici, sul modello di essi si venne formando in epoca non bene determinata un calendario rustico, che nella sua forma originaria ora più non abbiamo; del quale però si riguardano come derivazioni più o meno complete, più o meno modificate 1° le indicazioni contenute nei *Fasti* d'Ovidio; 2° il calendario di Varrone, di cui alcuni frammenti sonosi conservati in ciò che resta del già citato libro *Sui mesi* di Giovanni Laurenzio da Filadelfia; 3° il calen-

dario di Columella, che si può vedere nella sua opera *De Re Rustica*, libro XI, capo 2°; 4° da ultimo il calendario intitolato dal nome di Claudio Etrusco grammatico dei tempi Augustei, il quale ci fu conservato tutto intiero in una traduzione greca dell'anzidetto Giovanni Laurenzio nel suo libro *Sui presagi*. I Fasti Ovidiani contengono poche indicazioni meteorologiche, essendo principalmente consecrati alle tradizioni sacre e civili; inoltre vi sono gravi errori nella parte astronomica. Ma i calendari di Varrone, di Columella e di Claudio Etrusco hanno la forma dei parapegmi greci, e contengono oltre ai fenomeni stellari anche le episemasie, però senza che sia indicato il nome degli autori da cui furon tratti gli uni e le altre. Una cosa è tuttavia manifesta, che quantunque ordinate secondo i mesi del calendario giuliano, le indicazioni astronomiche e meteorologiche differiscono assai spesso da quelle di Giulio Cesare, accordandosi invece molte volte fra loro. Columella dice in termini generali che il suo calendario è redatto secondo le opinioni accettate da molto tempo fra gli agricoltori, i quali davano particolar credito ai fasti di Metone, di Eudosso, e degli astronomi più antichi: ... *in hac ruris disciplina sequor nunc Eudoxi et Metonis, antiquorumque fastos astrologorum, qui sunt aptati publicis sacrificiis; quia et notior est ista vetus agricolis concepta opinio, nec tamen Hipparchi subtilitas pinguioribus, ut aiunt, rusticorum litteris necessaria est.* È dunque da ammettere che il calendario rustico dei Romani fosse fondato sui dati dei più antichi parapegmatisti, senza che sia possibile oggi accertare la parte che ciascuno di essi ebbe nella formazione del medesimo (1).

(1) Tutto quello che in greco ci è rimasto degli antichi parapegmi sta raccolto in un volumetto che ha per titolo: *Joannis Laurentii Lydi liber de ostentis et Calendaria Graeca omnia: edidit Curtius* WACHSMUTH, *Lipsiae, in aedibus Teubneri*, 1863. Contiene i parapegmi di Pseudo-Gemino, Tolomeo, Claudio Etrusco; i frammenti del libro *Sui mesi* di GIOVANNI LAURENZIO accennati qui sopra, e altri documenti minori, dei quali non ho fatto menzione perchè importanti solo astronomicamente. Il Wachsmuth vi ha premesso una dotta introduzione, della quale molto ho profittato nello scrivere il presente studio. Dei documenti latini non esiste ancora una collezione completa, ma è facile trovarli. Poche indicazioni ha VARRONE, *De Re Rustica*, lib. I, cap. 28. Altre più copiose ne ha COLUMELLA nel suo trattato di ugual nome, lib. IX, cap. 14, oltre al suo Calendario lib. XI, cap. 2. Da ultimo PLINIO nella *Storia Naturale* ha gran copia di notizie interessanti su tutta questa materia, e prova ne siano le frequenti citazioni

IX. Significato scientifico degli antichi parapegmi; e modo con cui devono essere interpretati.

Dopo l'esposizione fatta or ora degli antichi parapegmi io temo forte, che il benevole lettore non si mostri troppo edificato di questi saggi della meteorologia primitiva; e può anche darsi che nell'esaminare gli estratti qui sopra riferiti gli tornino alla mente le predizioni del tempo che stanno nella *Sibilla Celeste* e nel *Gran Pescatore di Chiaravalle* od in altre simili composizioni, in cui si estrinseca la sapienza meteorologica popolare. Non sarà dunque inopportuno considerare con qualche attenzione il significato che alle *episemasie* attribuivano i loro autori, e quello che ad esse attribuiva il pubblico di quei tempi.

Io ho già indicato fin da principio (§§ IV e V) le idee fondamentali, che condussero gli osservatori della Grecia ad esplorare con quale ordine si avvicendano le variazioni dell'atmosfera secondo i periodi del Sole e della Luna. Non erano idee intieramente giuste neppure rispetto al Sole, e rispetto alla Luna sappiamo che erano intieramente sbagliate; non si può negare tuttavia che non fossero logiche e plausibili per quei tempi, e il metodo, abbastanza scientifico. Se così non fosse stato non si leggerebbero fra i parapegmatisti nomi di uomini, quali Democrito, Filippo, Eudosso, Ipparco, che tengono i primi onori fra gli antichi indagatori delle cose naturali.

Che le episemasie non fossero inscritte nei parapegmi a capriccio, ma come risultato di lunghe e pazienti osservazioni, è intrinsecamente probabile, e manifestamente indicato dallo stile caratteristico in cui molte fra esse sono enunziate. Ne scelgo alcune, ordinandole per data secondo i giorni numerati progressivamente a partir dal solstizio estivo.

Eudosso,	giorno	72. Piove, tuona: gran vento.
Cesare,	»	111. Venti disordinati: pioggia e tuoni.
Filippo,	»	139. Tempo cattivo: temporale.

che da lui ho desunto. I luoghi più importanti stanno nel libro II, capo 38-47 e nel libro XVIII, capo 24-35.

Democrito,	giorno	156.	Disordine nell'atmosfera e per lo più anche sul mare.
Democrito,	»	168.	Tuoni e fulmini; per lo più pioggia o vento, o l'uno e l'altro insieme.
Cesare,	»	200.	Vento australe forte: sul mare tuoni e pioggerella.
Dositeo,	»	226.	Tempo bello: qualche volta vento di ponente.
Eutemone,	»	295.	Pioggia con grandine.
Egiziani,	»	313.	Maestrale con pioggerella; od austro con tuoni.
Ipparco,	»	363.	Combattimento di venti.

Il lettore vedrà subito, che indicazioni così specializzate non possono essere che il risultato di vere ed effettive osservazioni. Si noti ancora l'uso (abbastanza frequente) delle frasi *per lo più* e *qualche volta*; si noti l'alternativa posta in certi giorni fra uno stato di cose *od* un altro stato assai diverso. Questi sono indizi manifesti, che un medesimo osservatore *in diversi anni* notò per quel medesimo giorno costituzioni diverse d'atmosfera. Il che (sia detto per incidenza) suppone un'attenzione continuata per un certo numero d'anni.

Così stando le cose, sarebbe ridicolo credere, che i grandi osservatori sullodati pubblicassero le loro episemasie come *profezie* determinanti per l'avvenire lo stato del cielo nei singoli giorni. Se Eutemone, scrivendo sotto il 295° giorno a partir dal solstizio estivo *pioggia con grandine*, avesse preteso di annunziare la ripetizione annuale di tal fenomeno in quel preciso giorno, il più sciocco contadino avrebbe saputo burlarsi di lui. Lo stesso diciamo del *combattimento di venti* annunziato da Ipparco sotto il 363° giorno. Essi sapevano quanto noi, che il periodo dei fenomeni atmosferici segue quello del Sole soltanto in modo generale ed approssimativo; le loro notazioni (nè più nè meno che le nostre *normali* della pressione o della temperatura) erano date come notizia di ciò che era stato osservato in passato, atta a fornire un criterio presuntivo di ciò che poteva aspettarsi per l'avvenire. Su questo non lascia alcun dubbio un notevole passo di Gemino (*Elementi d'Astronomia*, capo XIV) che mi pare utile riportare testualmente.

« Le predizioni delle episemasie, che si fanno nei parapegmi, non sono determinate da precetti sicuri, nè con arte

metodica, in modo da avere un necessario effetto. Ma in essi s' inscrive quello che risulta per lo più concordare colla quotidiana osservazione. L'osservazione e discussione a ciò relativa suolsi fare come segue. Partendo dal principio dell' anno, e notando giorno per giorno in qual segno ed in qual grado si trovi il Sole, accanto vi si registrano le mutazioni dell' aria, dei venti, le piogge e le grandini. Le quali cose osservando per molti anni, quelle mutazioni che più spesso si notano corrispondere ai medesimi luoghi dello zodiaco, vengono registrate nei parapegmi, non come predizioni desunte da teoria certa, ma come indizio pratico di ciò che prossimamente si può aspettare. E poichè il principio dell' anno non è per tutti il medesimo, nè i mesi hanno gli stessi nomi e lo stesso numero di giorni, non è possibile ordinare il tutto secondo un medesimo sistema di calendario: pertanto vollero determinare le epoche delle mutazioni dell'aria riferendosi a certi segnali invariabili, quali sono il levare e il tramonto degli astri.... Perciò coloro che da principio composero i parapegmi sulle osservazioni, fissati quei luoghi dello zodiaco, a cui corrispondono per lo più certe date vicende dell'atmosfera, ricercarono quali astri si levino o tramontino in quelle epoche.... Manifesto è dunque che le episemasie dei parapegmi sono indicazioni approssimative, non dedotte da alcuna arte, nè legate ad alcuna necessità; ma sono il frutto di continuate osservazioni. Per la qual causa molte volte esse non si verificano. E gli astronomi non sono da accusare di ciò, come (e giustamente) si accuserebbero dell'aver sbagliato nel predire un'eclisse, o la levata di un astro. Tutte le cose infatti, che dipendono da una teoria razionale, possono predirsi od enunciarsi senza errore. Ma dalle episemasie non può derivar lode perfetta, quando sono seguite dall'effetto; nè si deve trarne motivo di accusa, quando non si trovino verificate; questa è infatti una parte dell'Astronomia non soggetta a teoria alcuna ».

Nell' introduzione al proprio parapegma descritto nel paragrafo precedente, Tolomeo così si esprime sull' interpretazione delle episemasie. « Abbiamo inscritto le episemasie osservate dagli antichi nei giorni loro corrispondenti del corso del Sole; non già da intendersi come infallibili o tali che debba aspettarsene il pieno adempimento: ma quali per lo più si potrebbero aspettare, se non vi facessero contrasto molte altre cause... Poichè lo stato dell'atmosfera non è solamente regolato sul

corso del Sole, ma concorrono per lo più a determinarlo la Luna ed i cinque pianeti ». E Plinio scrive (*Hist. Nat.*, lib. XVIII, cap. 25): *Accedit confessa rerum obscuritas, nunc praecurrente, nec paucis diebus, tempestatum significatu, quod* προχειμάζειν *Graeci vocant, nunc postveniente, quod* ἐπιχειμάζειν; *et plerumque alias citius, alias tardius cœli effectu ad terram deciduo; vulgo serenitate reddita confectum sidus audimus.*

Se pertanto, oltre all' intrinseca probabilità che al verificarsi delle episemasie deriva dall' esser queste il risultato di osservazioni effettive fatte negli identici giorni dell' anno solare, aggiungiamo ancora i larghi limiti di tolleranza, che abbiamo veduto testè concedersi alla loro interpretazione; nessuna maraviglia ci farà il vedere per più secoli uomini di tanto senno scientifico occuparsi a perfezionarle per ridurle a viepiù grande certezza. Meno ancora ci stupiremo della grande popolarità di cui esse godettero per tanto tempo così presso i Greci, come presso i Romani. Il discutere con criterio lucido ed imparziale la verità di una teoria non fu mai cosa da tutti e non lo è neppure adesso; e quando la così detta *opinione pubblica* ha preso una direzione, storta quanto si voglia, difficile è sempre ricondurla al vero; prova ne sia la fiducia inesplicabile, con cui tante persone di mente sana e di sottile giudizio considerano anche oggi le fasi lunari come indizio delle mutazioni del tempo, e di cento altri fatti della natura.

Senza dubbio alcuno gli antichi parapegmatisti considerarono i fenomeni del levare e del tramonto delle stelle come *semplici segnali* annunziatori del variare delle stagioni e dell' atmosfera, senza supporre fra gli uni e gli altri alcun nesso causale. Ma l' opinione popolare non si arresta a certe distinzioni, che sembrano così naturali allo scienziato. Il *post hoc, ergo propter hoc* ebbe sempre una gran parte nella logica degli uomini. Accettate dunque le episemasie come frutto di certa scienza, si venne poco a poco anche a considerarle come *effetti* dell' influsso degli astri che poco prima eransi levati o avean fatto tramonto la mattina o la sera. A questo deplorabile risultato contribuirono le espressioni più o meno allegoriche impiegate dai poeti nel parlare di tali argomenti. Tutta la poesia greca e latina è piena di allusioni al tale o tale astro, che produce tempeste, pioggia, siccità od altro ancora. Nè diversamente è accaduto nella moderna; abbiamo pur testè udito il Monti descrivere con orrore

. . . . le tenebrose
Nebbie soffiate dal gelato Arturo,

e Parini accusare degli incomodi invernali

Orïon che dal cielo
Declinando imperversa,
E pioggia, e nevi, e gelo
Sopra la terra ottenebrata versa.

Simili espressioni figurate poco a poco vennero prese alla lettera, nè solo dal volgo; mille prove se ne hanno anche presso scrittori di buon criterio. Valga per tutti ancora il naturalista Plinio, che è il primo che mi vien nelle mani (libro II, c. 39). *Ut solis natura temperando intelligitur anno, sic reliquorum quoque siderum propria est quibusque vis et ad suam cuique naturam fertilis. Alia sunt in liquorem soluti humoris foecunda, alia concreti in pruinas, aut coacti in nives, aut glaciati in grandines, alia flatus, alia teporis, alia vaporis, alia roris, alia rigoris... Igitur in suo quaeque motu naturam suam exercent, quod manifestum Saturni maxime transitus imbribus faciunt. Nec meantium modo siderum haec vis est, sed multorum etiam adhaerentium cœlo, quotiens errantium accessu impulsa aut conjectu radiorum extimulata sunt, qualiter in Suculis sentimus accidere, quas Graeci Hyades ob id pluvio nomine appellant; quin et sua sponte quaedam statisque temporibus, ut Haedorum exortus. Arcturi vero sidus non ferme sine procellosa grandine emergit. Caniculae exortu accendi Solis vapores quis ignorat? cujus sideris effectus amplissimi in terra sentiuntur. Fervent maria exoriente eo, fluctuant in cellis vina, moventur stagna. Canes quidem toto eo spatio maxime in rabiem agi non est dubium.*

Ma doveva avvenire di peggio ancora; e ad accrescere la confusione su questo proposito entrò un nuovo elemento. Sotto i successori d'Alessandro la Grecia e l'Oriente vennero a stretto contatto intellettuale; l'Asia, la gran madre d'ogni superstizione, fecondata dal genio ellenico, produsse una scienza ibrida di nuovo genere, l'Astrologia matematica; nella quale con mostruosa combinazione la geometria dei Greci ed i più raffinati calcoli della loro Astronomia servirono a dare apparenza scientifica e razionale alla predizione dell'avvenire. Le vecchie dottrine astrologiche dei Caldei nella loro forma primitiva

erano troppo stupidamente grossolane per ottenere l'applauso degli Occidentali; ma rivestite a nuovo nel modo sopradetto, e ridotte a teorie difficili e complicate, si fecero strada nel mondo greco-romano, e riuscirono a sedurre ben anche uomini di altissimo ingegno, quali l'illustre filosofo Posidonio d'Apamea, e lo stesso Claudio Tolomeo, uno dei primi matematici ed astronomi che abbia veduto il mondo. Ecco in qual modo quest'ultimo nel suo *Tetrabiblo* (od istituzioni d'Astrologia) spiega quelle proprietà degli astri, che doveano servire a predire, le mutazioni del tempo.

« È stato osservato, che la natura del Sole è di produrre calore, ed anche un poco di siccità. Questo effetto è da noi riconosciuto con molto maggior certezza che per gli astri rimanenti, sia per la grandezza del Sole, sia per l'evidenza delle mutazioni che ne derivano; essendo il suo potere tanto sensibile, quanto più si avvicina alla nostra verticale.

« Ma la Luna per essere tanto più vicina alla Terra, dalla quale escono umide esalazioni, per lo più è umida nei suoi effetti, e rende molli e putridi i corpi a lei soggetti... Ambidue poi, Sole e Luna, come principali fra tutti esercitando il loro effetto anche sulle altre stelle, di queste accrescono o diminuiscono l'influsso.

« Saturno, quando è solo a spiegare la sua potenza, generalmente eccita nell'aria un freddo orrendo, agghiacciante, nebbioso e pestilente; produce cattivo tempo, nuvole dense, caligine; dà gran copia di neve; sul mare è causa di naufragi, tempeste e viaggi difficili; in terra dà inondazioni d'acque, impeto di nembi. grandine e altre simili cose di grave danno agli uomini.

« Giove, quando comanda solo, dà tempo buono e salubre, venti e piogge favorevoli ai terrestri; accelera il corso delle navi, conserva ai fiumi la giusta quantità d'acqua, alle biade dà abbondanza, e simili buoni effetti.

« Marte, quando domina solo, nell'aria produce venti caldi, pestilenti e putrefacienti; dà luogo a fulmini ed incendi. Nel mare sommerge le navi con turbini di vento e folgori; assorbe l'acqua dei fiumi, dissecca le fonti.

« Venere, quando è sola, riempie l'aria di venti temperati, umidi, fecondissimi; dà tempo favorevole e sereno, interrotto solo da piogge opportune. Conduce le navi per prospero corso a sicuro guadagno; riempie gli alvei dei fiumi qual tanto che è necessario.

« Mercurio, anche quando è dominante, inclina verso le qualità dell'astro che sia con esso ben configurato; del resto dà origine a venti turbolenti ed instabili, eccita la siccità e la mobilità dell'aria, manda tuoni, fulmini e terremoti. Quando tramonta (dopo il Sole) dissecca i fiumi; li riempie quando si leva (prima del Sole).

« Gli effetti di questi astri sono i medesimi, quando si trovino in identiche costituzioni. Ma quando essi si combinano in varie configurazioni sia fra di loro, o col Sole, sia coi segni zodiacali, nasce una commistione dei loro influssi, e una gran varietà di effetti, che sarebbe cosa infinita il voler spiegare tutti partitamente.

« Debbono inoltre tenersi in conto le proprietà naturali non solo dei segni zodiacali, ma ancora delle singole stelle. L'Ariete è generalmente temporalesco e grandinoso; in particolare però i suoi primi gradi chiamano pioggia e vento, quei di mezzo sono temperati; gli ultimi dànno gran caldo e pestilenza. Le sue parti settentrionali dànno caldo grave e sono nocive; le parti meridionali sono piuttosto fredde e ghiacciate. — Il Toro generalmente è vario; ma tende un poco al caldo: nelle prime parti, dove sono le Pleiadi, ha influsso turbolento, ventoso e nebuloso; le parti di mezzo sono umide e fredde; le ultime dove sono le Hyadi, si distinguono per effetti ignei di fulmini e lampi. Le parti settentrionali sono temperate; le parti australi, instabili ed incerte. — Anche il segno dei Gemelli è generalmente temperato; nelle prime parti però è umido e nocivo; temperato nelle medie; nelle ultime misto ed incerto. Le parti a settentrione dànno venti e terremoti; le australi siccità e calor grave... ».

Ai lettori farò grazia del resto. Quasi tutto questo non bastasse, tutte le stelle fisse, anche fuori dello zodiaco, hanno il loro influsso speciale, che partecipa della natura ora dell'uno, ora dell'altro pianeta: influsso, che poi viene essenzialmente modificato (ed anche può esser distrutto) non solo dalla configurazione delle stelle medesime rispetto al Sole ed ai vari pianeti, ma al pari dell'influsso del Sole e dei pianeti dipende in molta misura dalla posizione che ad ogni momento occupano rispetto all'orizzonte del luogo. Tutti questi influssi poi si diversificano ancora secondo le varie regioni della Terra, ciascuna delle quali è soggetta al particolare impero di questo o quell'altro pianeta, di questo o quell'altro segno zodiacale.

Così per esempio l'Italia tutta (salvo la Toscana) è sotto l'impero dell'Ariete e del pianeta Marte; mentre la Toscana, le Gallie e la Spagna dipendono principalmente da Giove e dal Sagittario.

Mentre dunque nella vera e sobria scienza la perfezione delle ricerche consiste nel separare le diverse cause che concorrono ad un effetto complesso, per conoscere la natura di ciascuna di esse e misurare la porzione d'influsso che le spetta; in quest'altra falsa scienza si faceva precisamente tutto il contrario. Si moltiplicavano e si complicavano all'infinito ed in modo assurdo le cause ipotetiche, probabilmente coll'intento nascosto di rendere impossibile una discussione critica alquanto fondata e chiara di ogni singola predizione. Se per esempio fosse vero, che la Luna ha principalmente l'effetto di produrre umidità nell'atmosfera, e che quest'effetto varia secondo le sue fasi, non sarebbe stato difficile a Tolomeo (come non lo fu per i moderni) di venire all'esame della verità di quella supposizione con semplici aggruppamenti statistici. Ma pur troppo il metodo di coordinare un gran numero di osservazioni per farle convergere al giudizio di un dato principio ipotetico non fu mai praticato dai Greci, e neppur conosciuto istintivamente. Essi non seppero mai *prendere una media*; ogni risultato era giudicato per sè isolatamente, e non sempre con criteri imparziali. In questa impotenza di venire a discussioni comprensive di molti fatti del medesimo ordine sta una delle ragioni principali dell'inferiorità della scienza antica rispetto alla moderna.

I lavori degli antichi parapegmatisti Democrito, Eudosso, Filippo, Ipparco... non sono da giudicare alla medesima stregua, che le aberrazioni poco fa accennate; e non meritano di esser considerati con quella severità, che a taluno piacque dispiegare a loro riguardo. Le loro episemasie sono il frutto di un tentativo infelice, ma logico ed onesto, che quei venerabili uomini fecero con pertinace lavoro di molti anni, nell'intento di penetrare il segreto della legge che domina i venti e le tempeste. I fenomeni pure così complicati degli astri si erano mostrati abbastanza arrendevoli agli sforzi fatti per ottenere una ragionevole spiegazione e un'approssimata predizione: fu dunque esso un errore così riprovevole quello di aver sperato altrettanto dei fenomeni dell'atmosfera? Falso è ancora, che si debbano porre le episemasie a paro colle pre-

dizioni astrologiche. Queste eran fondate su principî affatto arbitrari, o meglio, sull'assenza di ogni principio: mentre le prime derivavano dalla supposizione, che agli effetti così manifesti del Sole dovessero anche corrispondere nella Luna altri effetti. La supposizione era falsa, ma fondata sopra un'analogia abbastanza plausibile, e giustificata anche da certi fenomeni. Lo stesso non può dirsi certamente dei processi ridicoli dell'astrologia, dei quali si è veduto qui sopra un saggio.

III.

APPENDICE

RASSEGNE BIBLIOGRAFICHE

TRADUZIONI

XV.

CENNO DEI RECENTI STUDI DEL D.R CANTOR SULLA STORIA DELL'AGRIMENSURA

Dai Rendiconti *del Reale Istituto Lombardo, Serie II, Vol. IX, Milano, 1876. (Letto nell'adunanza del 13 gennaio 1876).*

Il dottor Maurizio Cantor, uno dei redattori del giornale matematico e fisico di Lipsia, ha fatto omaggio a questo Reale Istituto di una sua recente opera sull'agrimensura degli antichi, ed in particolare sull'agrimensura dei Romani [1]. Avendo avuto occasione di esaminare con qualche cura questo libro, mi è desso sembrato degno di molta attenzione: prima per l'accurata e solida erudizione che vi si contiene, quale poteva aspettarsi dall'autore di altra opera assai lodata sopra argomenti connessi colla storia delle matematiche [2]; poi ancora per l'importanza delle questioni che vi sono sviluppate e spesso risolute con felice criterio: da ultimo e sovratutto per l'interesse generale che si collega con alcune fra le ricerche dell'autore, delle quali i risultamenti meritano di esser conosciuti da tutti quelli, per cui lo studio dei progressi della coltura umana ha qualche attrattiva. Ho dunque creduto che potesse esser gradita all'Istituto una breve esposizione delle cose principali contenute in questo libro.

Alcuno potrà dubitare che molto interesse possa trovarsi nella storia della più semplice e della più elementare fra le applicazioni delle matematiche, qual è la misura dei terreni; e non potrà credere che molta luce sia per scaturire dallo

(1) *Die Romischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst. Eine historisch-mathematische Untersuchung* von D.r Moritz Cantor. Leipzig, Teubner, 1875, in-8; pp. 238.

(2) Alludo ai *Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker*, von D.r Moritz Cantor. Halle, Schmidt, 1863, dove è trattata in tutta la sua ampiezza e con tutte le sue numerose ramificazioni l'origine delle cifre dette arabiche e del nostro calcolo aritmetico, e la loro diffusione in Occidente.

studio degli agrimensori romani. Eccellenti, pratici e valorosi ingegneri erano questi senza dubbio, e il suolo della nostra penisola porta ancora impresse evidenti e profonde tracce dei loro vastissimi lavori di divisione agraria (1). Ma nei frammenti dei loro scritti, che alla meglio ordinati costituiscono la collezione intitolata *Gromatici veteres*, e della cui restituzione si resero benemeriti specialmente Lachmann, Blume, Rudorff e Mommsen (2), nè lo storico delle lettere latine, nè quello delle matematiche avean finora trovato materia molto degna della loro considerazione. Eppure questo fango cela le sue pagliuzze d'oro, le quali possono guidare con sicurezza alla fonte primitiva da cui gli agrimensori hanno derivato le loro pratiche, per lo più senza intenderne il fondamento teoretico, anzi talora corrompendo ciò che non intendevano. Io dico anzi, che col tramandarci le loro regole empiriche, e qualche volta affatto false, gli agrimensori hanno reso a noi maggior servizio di quello che avrebbero fatto coll'adottare nei loro scritti la geometria più accurata d'Euclide o d'Archimede. La verità matematica infatti è una sola, e il trovarla in più luoghi e in più tempi diversi, spesso non indica altro se non che la logica geometrica è da per tutto la stessa. Ma l'errore e l'empirismo sono di loro natura mutabili e convenzionali; una regola falsa e bizzarra, trovata in due luoghi molti distanti o in epoche divise da intervallo di molti secoli, può spandere lume inatteso su relazioni dapprima neppur sospettate.

Ecco dunque come anche lo studio dei gromatici può servire a qualche cosa per rischiarare il cammino della scienza nella serie dei tempi. Ma il libro del Cantor non è limitato soltanto ad essi. Al dotto autore i gromatici non servono che come base di un lavoro critico e storico, in cui, dalle tenebre dell'antichità egiziana, si seguono passo passo le tradizioni agrimensorie fino al risorgimento delle scienze e delle lettere in Occidente. Vi si scorge qual forza di conservazione abbiano le nozioni di scienza applicata, quando una volta dall'altezza delle scuole abbiano potuto penetrare negli strati popolari, anche a costo di essere svisate e corrotte. In questo mezzo conservatore di miti, di pregiudizi e di usanze avviene talora

(1) Vedi gli studi di Lombardini sul reticolato delle strade e dei canali nella parte piana delle Romagne, fra Bologna e Ravenna.

(2) *Die Schriften der Römischen Feldmesser*. Vol. II Berlin, 1848-52.

al critico di riconoscere, ridotti allo stato di fossili, od anzi di conglomerati, ma pur in qualche modo preservati dalla distruzione, avanzi interessanti dei secoli luminosi dell'antica coltura, i quali si credevano perduti intieramente. L'inventario di ciò che l'antichità ci ha lasciato in fatto di nozioni scientifiche non è ancora completo; molte restano a scoprire e a disseppellire dalla polvere e dal rottame, che una serie di secoli vi ha sopra accumulato. È questa un'opera difficile e di molta pazienza, cui negli ultimi decenni hanno consecrato le loro veglie vari eruditi, fra i quali, non ultimo, è il nostro autore. L'esposizione di alcuni fatti più salienti contenuti nel suo libro servirà d'illustrazione a quanto si è detto poc'anzi.

Esiste nel Museo britannico un antico papiro egiziano, che dal suo contenuto e dal nome di un suo precedente possessore è appellato il papiro matematico Rhind. Il suo titolo è tradotto così: « *Principî per conoscere le grandezze delle cose e per svelare tutti i segreti che stanno nella natura delle medesime* ». Il dotto egittologo dottor Augusto Eisenlohr, che ne sta preparando la pubblicazione, lo crede copiato circa diciassette secoli prima di Cristo da altro anterior manoscritto di epoca sconosciuta. Contiene una serie di problemi riferentisi alle aree di certe figure piane ed al volume di certi solidi. Le soluzioni non sono date in termini generali, ma costantemente sono esemplificate sopra certi dati numerici. In tal modo sono esposte le regole per trovare la superficie di diverse specie di triangoli e di quadrilateri, dell'esagono regolare, del circolo, ed il volume di una classe di piramidi, oltre a questioni d'un altro genere, che sembrano implicare l'uso di equazioni algebriche di primo grado. Le notizie pubblicate dal Cantor sul contenuto di questo papiro non sono complete quanto egli le avrebbe potute dare, ove un giusto riguardo per il traduttore Eisenlohr non ne l'avesse impedito. Tuttavia, dalle notizie già pubblicate per cura dello stesso Eisenlohr, e da quelle che già prima avea pubblicato sullo stesso papiro il Birch, qualche dato interessante si può ricavare. Anzitutto è da notare che l'area del circolo è ottenuta nel papiro col quadrare una linea uguale a $\frac{8}{9}$ del diametro, ciò che equivale a supporre $\pi = \left[\frac{16}{9}\right]^2 = 3,1604$, approssimazione certamente non dispre-

gevole, e che sembra derivata piuttosto dall' idea di formare un quadrato equivalente al circolo, anzi che da quella di rettificarne la circonferenza L' area del triangolo isoscele è supposta uguale al prodotto del lato per una metà della base; e l' area del trapezio simmetrico a basi parellele è supposta uguale al prodotto di uno dei lati non paralleli per la semisomma delle basi. Queste regole noi sappiamo che sono false generalmente. Esse sono approssimativamente valevoli soltanto quando la base del triangolo e le due basi del trapezio sono molto piccole rispetto ai lati delle rispettive figure; in altri termini, quando in queste figure la larghezza è molto minore dell' altezza. Forse tali condizioni saranno state adempite in una certa misura nella disposizione ordinaria adottata per le parcelle di terreno. Che che sia di questo, tali regole così imperfette pare siano rimaste per molti secoli come canone invariabile dell' agrimensura egiziana, poichè esse si trovano messe in pratica in un altro documento egiziano anteriore appena di un secolo all' èra cristiana. Intendo parlare di una iscrizione geroglifica scolpita sul muro esterno del tempio di Oro nella città di Apollinopoli grande, oggi detta Edfu, nell' alto Egitto sopra Tebe. Tale iscrizione, o piuttosto complesso d' iscrizioni, è stato studiato da Lepsius nelle memorie dell' Accademia di Berlino del 1855, e contiene null' altro che l' enumerazione simultanea dei lati e delle aree di 52 parcelle per lo più quadrilatere di terreno, donate in varie epoche al tempio come fondazioni pie di diversi re. Alcune parcelle triangolari sono designate come quadrilateri, di cui un lato è uguale a zero. Ora, confrontando i lati di ciascuna figura coll' area corrispondente, si trova che per tutte quelle figure, che sono quadrilateri d' ogni forma, l' area assegnata è stata ottenuta facendo il prodotto delle semisomme dei lati opposti; le regole del papiro Rhind sono evidentemente casi particolari di questa. Lepsius veramente cerca, con una spiegazione artifiziosa, di salvare l' onore degli agrimensori, che calcolarono le parcelle del tempio d' Edfu, supponendo che i quattro numeri esprimenti le dimensioni dei quadrilateri non siano precisamente i loro lati. Tuttavia il solo fatto, che quei geodeti credevano di determinare l' area di un quadrilatero con quattro soli elementi, basta a convincerci della loro ignoranza delle cose di geometria, quand' anche il parallelismo offerto dal papiro Rhind non attestasse formalmente contro l' interpreta-

zione benigna di Lepsius. Bensì a loro parziale discolpa dobbiamo dire, che la maggior parte delle parcelle d' Edfu sono quadrilatere, di figura molto allungata, e con angoli poco diversi dal retto; onde l' errore risultante dai loro calcoli in pochi casi è di sensibile importanza.

Queste pratiche grossolane degli agrimensori egiziani, di cui il papiro Rhind e l' iscrizione di Edfu mostrano la conservazione durante un intervallo di forse 16 secoli, non erano destinate tuttavia a perire, malgrado la loro intrinseca imperfezione. Esse dovettero forse eclissarsi un momento al cospetto della luce irradiata dalle scuole dei geometri d' Alessandria. Nella stessa epoca infatti, in cui i sacerdoti egiziani scrivevano le loro empiriche quadrature sui muri del tempio d' Edfu, uno dei più celebri matematici dell' antichità, Erone Alessandrino, scriveva ad uso dei pratici, sembra per ordine dei Tolomei, le sue regole geometriche e stereometriche, le quali, corrotte, mutilate ed interpolate in mille modi, giunsero a noi in varie differenti edizioni. Che Erone fosse altrettanto profondo nelle cose di teoria, quanto valente nelle cose di pratica, basta a provarlo la regola celebre da lui inventata, o per lo meno elegantemente dimostrata, con cui si ottiene l' area di un triangolo qualunque, espressa per i lati del triangolo. È questa certamente una delle più belle cose che ci siano restate della geometria dei Greci. Anche la soluzione data da Erone del problema delle due medie proporzionali è distinta per elegante semplicità. Erone poi abbracciò le applicazioni pratiche delle matematiche in tutta l' estensione che si conveniva ai suoi tempi, siccome può dedursi dal grande numero di opere da lui scritte sulla geodesia, sulla meccanica, sull' arte della guerra e sull' ottica, delle quali una parte è giunta fino a noi, e meriterebbe le cure di una nuova diligente edizione. A questa categoria di scritti appartengono pure le sue regole geometriche, le quali furono da lui compilate in forma popolare per uso dei pratici, e perchè fossero sostituite al vecchio ed imperfetto canone degli agrimensori egiziani. Prove evidenti di questo scopo ravvisa il Cantor in diverse particolarità, riguardo alle quali Erone si è scostato dalle usanze comuni agli altri geometri greci, per adattarsi alle forme allora vigenti presso i pratici del paese. Una di queste è il modo con cui sono proposte le risoluzioni dei problemi. Nel papiro Rhind queste soluzioni vengono introdotte colla formola « fa così »; e simil-

mente la massima parte delle soluzioni di Erone contiene la formula iniziale ποιει οὕτως, che è l'esatta traduzione dell'altra (1). Presso Erone si trovano quasi sempre le soluzioni dei problemi esemplificate numericamente, come nel papiro, sebbene l'autore greco non sempre si contenti di questo metodo fanciullesco, e molte volte enunzi anche le regole in termini generali, esemplificandole poi in numeri. Da ultimo, il calcolo dei numeri rotti e presso Erone e nel papiro è condotto esclusivamente usando di frazioni fondamentali, cioè di tali frazioni, il cui numeratore è sempre l'unità, il denominatore un numero intero (2). Tale uso, che si trova anche presso i geometri greci della scuola d'Alessandria, sembra abbia la sua radice nei più remoti secoli dell'antichità egiziana.

L'opera di Erone diventò ben presto il codice fondamentale dei geometri pratici, e tanto più, quanto che sembra che ad essa fosse unita una breve trattazione dei pesi e delle misure. Essa procacciò al suo autore una fama molto estesa e molto popolare, ma fu quasi per distruggerne la riputazione come geometra; perchè ove di lui quasi per caso non si fossero conservate alcune gemme geometriche, di cui ho detto poc'anzi, sarebbe stato difficile agli storici delle matematiche il ravvisare in Erone altro che un pratico di cognizioni geometriche piuttosto limitate e non affatto esenti da errore. Infatti le regole geometriche e stereometriche di Erone, conservate per successiva tradizione nelle scuole degli agrimensori, compendiate ad uso dei meno intelligenti, interpolate da uomini poco esperti della geometria pura, giunsero a noi in più redazioni diverse, alcune più, altre meno esatte; alcune più, altre meno abbreviate; il loro stato è tale, che il riconoscerne la forma primitiva, e il separare il fondo di Erone dalle posteriori modificazioni e aggiunte, sembra impresa poco meno che disperata, e certamente non possibile che alla più sottile critica scientifica e

(1) Basta, per convincersene, dare un'occhiata anche superficiale all'edizione di quest'opera di Erone, ultimamente fatta da Hultsch, *Heronis Alexandrini Geometricorum et Stereometricorum Reliquiae*, edidit Fr. Hultsch. Berolini, 1864.

(2) Sola eccezione si fa per la frazione $\frac{2}{3}$, la quale sembra sia stata adottata come notazione abbreviata di $\frac{1}{3} + \frac{1}{3}$.

filologica insieme. Basti dire che insieme alle regole dedotte dalla geometria d'Euclide e d'Archimede, e in compagnia di problemi che suppongono nota la risoluzione delle equazioni algebriche di 2.° grado, e di altri in cui si danno tracce evidenti dell'analisi indeterminata di 1.° grado, di nuovo vediamo comparire i metodi empirici del papiro Rhind e dell'iscrizione del tempio d'Edfu pel calcolo dell'area dei triangoli e dei quadrilateri. Le regole per ottenere le aree dei poligoni regolari mostrano che il loro autore ignorava ancora la trigonometria d'Ipparco. Insieme al valore Archimedeo del numero esprimente il rapporto della circonferenza al diametro, si trova impiegato in un luogo il numero 3. Pel calcolo degli archi e dei segmenti di circolo in funzione della corda e della saetta sono date espressioni, le quali non possono essere esatte: può darsi tuttavia che Erone le abbia pubblicate per dare modo ai pratici di sciogliere approssimativamente un problema loro affatto inaccessibile per la via diretta e rigorosa.

Non mi è concesso di entrare ad esporre minutamente quanto il nostro autore discorre sull'origine dell'agrimensura presso i Romani, e sopra alcune pratiche agrimensorie di origine prettamente italica, come per esempio l'uso sistematico di coordinate rettangolari riferite ai due assi fondamentali detti il *cardine* e il *decumano* (uso che fu richiamato recentemente in vigore dal prof. Porro nel suo sistema di topografia detto *Celerimensura*), a cui necessariamente era connesso l'uso continuo ed universale dello squadro o *groma*, strumento ignoto ai geodeti della Grecia e dell'Egitto, ma che tuttavia tiene ancora un posto importante nella nostra topografia elementare, e nulla ha perduto della sua importanza nella misura dei terreni. Nell'opera stessa deve leggersi quanto riguarda le prime relazioni scientifiche dei Romani coll'Egitto. Fu in conseguenza di queste relazioni, che, nel secolo precedente la nascita di Cristo, le regole dei geodeti egiziani cominciarono ad esser insegnate in Roma. Per quanto riguarda la parte giuridica, ed anche la parte topografica dell'agrimensura, i Romani non trovarono necessario di commutare le loro pratiche di origine consacrata dalla religione e dal tempo, con quelle dei Greci e degli Egiziani: lo squadro o *groma* non cedette il luogo alla *diottra* dei Greci, più complessa, più perfetta, e non pertanto assai meno opportuna per la misura dei campi. Ma i Romani,

sebbene allora, come prima e dopo, fossero affatto ignoranti di geometria, capirono tosto che fra i teoremi di Euclide alcuno ve n'era la cui diritta applicazione spesso poteva importare buone somme di moneta sonante, e quindi non farà meraviglia l'udire, come le regole di Erone trovassero in Roma un'accoglienza quale non ebbero mai le sublimi speculazioni di Apollonio e di Archimede. Con un'accurata analisi è riuscito al signor Cantor di additare negli scritti correnti sotto il nome di Erone l'origine di quasi tutte le formule agrimensorie citate nei libri dei gromatici. Uno di questi, Marco Giunio Nipso, ha riprodotto varie regole del Geometra greco in traduzione affatto letterale. Insieme alle principali regole di Erone si trovano anche esposti alcuni procedimenti astronomici per ben determinare la direzione del *cardiae* e del *decumano*, cioè della meridiana e della sua perpendicolare (1), il tutto senza dimostrazione, ed in modo da lasciar vedere chiaramente, che anche qui la scienza dei Greci aveva servito di fondamento (2).

Fra gli scritti dei gromatici, il più interessante per la storia delle matematiche fu ommesso nella collezione berlinese degli agrimensori romani, forse in conseguenza del punto di vista quasi esclusivamente giuridico ed archeologico, serbato dagli editori nel pubblicare quella raccolta. Lo scritto porta per nomi d'autori Aprofodito e Betrubo Rufo (Epafrodito e Vitruvio Rufo?). Cantor ne pubblica qui il testo, per la prima volta riproducendolo in forma intelligibile e nella sua integrità colla scorta di un antico manoscritto del VI o VII secolo, detto il *Codice Arceriano*, il quale stette fino alla fine del XV secolo nel monastero celebre di Bobbio, e dopo vari casi e mutazioni di proprietari ora si trova a Wolfenbüttel. Lo studio di questo difficile scritto ha fatto riconoscere all'autore che la sua origine risale agli scritti portanti il nome di Erone; ed ha fatto vedere che in esso si nasconde un documento finora

(1) Però, in mancanza di bussola, si trovò spesso conveniente di prendere ad arbitrio la direzione di questi assi, conservando soltanto la loro perpendicolarità. Veggansi le piante delle già citate colonie dei veterani romani nell'Emilia, dove il cardine è senz'altro formato dalla via Emilia.

(2) La regola data da Igino gromatico per trovare la direzione del meridiano colla misura di tre lunghezze dell'ombra di un gnomone, osservate nel medesimo giorno, è stata commentata e spiegata da Mollweide, nella *Monatliche Corr.* di ZACH, vol. XXVIII, p. 396.

affatto trascurato dell'algebra dei Greci. Già si è indicato, come nel papiro Rhind si trovino indizi dell'algebra di primo grado, e come negli scritti attribuiti ad Erone siano risolute questioni dipendenti da equazioni complete di 2.° grado, risolute, dico, non già con costruzioni di riga e di compasso, al modo dei greci geometri, ma colle stesse regole di calcolo che stanno simbolicamente compendiate nella formola notissima spiegata nei nostri libri d'algebra. Nel corrotto documento, di cui qui si discorre, si trovano (non già in termini generali, ma esemplificate numericamente): 1.° la formola per calcolare un numero poligonale, dato il lato; 2.° la formola inversa, per calcolare il lato, dato il numero poligonale; 3.° una formola elegante (e secondo Cantor, nuova) per trovare i numeri piramidali, dato il lato e il numero degli angoli; 4.° una formola per sommare le progressioni dei cubi dei numeri naturali. La prima di tali questioni non esce fuori dai limiti di quanto già si conosceva sull'aritmetica dei Greci. La seconda implica la risoluzione algebrica di un'equazione di secondo grado. La terza suppone conosciuta la formola per la sommazione dei quadrati dei numeri naturali, ciò che non si trova in alcun altro autore greco d'aritmetica. Egualmente ignota ai matematici greci si supponeva finora la quarta formola, cioè, la regola per la sommazione dei cubi, di cui la prima indicazione credevasi esistere presso l'astronomo indiano Brahmagupta. Ecco dunque che Diofanto non appare più come un fenomeno isolato nella storia dell'algebra dei Greci. Esistettero prima di lui e forse anche dopo di lui altri algebristi, ed altri studiosi della dottrina dei numeri, uno dei quali molto probabilmente fu Erone Alessandrino. Da lui forse, o da altro ignoto, procedono le regole conservate nel codice di Wolfenbüttel sotto mentito nome e in forma appena riconoscibile. E questo mi pare il più importante dei fatti messi in luce dalle ricerche del nostro autore. Dalla stessa fonte onde emanò la scienza dei supposti Epafrodito e Vitruvio Rufo, derivò pure una parte della geometria di Boezio (1). In questa geometria, e presso uno dei gromatici (2), troviamo risorta (e forse non era mai stata intie-

(1) Che la geometria attribuita a Boezio sia veramente sua, pare dimostrato in modo convincente dal CANTOR nei *Matematische Beiträge*, pp. 181-198, malgrado l'opinione diversa espressa da altri eruditi.

(2) *De jugeribus metiundis* nella raccolta di LACHMANN. T. I. pp. 354-356.

ramente perduta) la regola del papiro Rhind pel calcolo dell'area del triangolo, e la formula del tempio di Edfu pel calcolo dei quadrilateri irregolari; e questi stessi procedimenti si trovano pure in una collezione di problemi attribuita ad Alcuino. Così ai tempi di Carlo Magno si ritornava al punto degli antichi Egiziani, e anche più indietro; perchè tanto il trattato *de jugeribus metiundis*, quanto i problemi d'Alcuino danno per la quadratura del circolo una regola, la quale equivale a $\pi = 4$! mentre nel papiro Rhind abbiamo veduto una approssimazione affatto ragionevole, $\pi = \left|\frac{16}{9}\right|^2$.

Cantor chiude il suo lavoro con uno studio diligente della geometria di Gerberto. Dimostra ch'egli ebbe sott'occhio i gromatici, e specialmente Epafrodito e Vitruvio Rufo, che Gerberto studiò, trovandosi abate a Bobbio, in quell'identico codice Arceriano, che ora sta a Wolfenbüttel. In Gerberto appare già un matematico di qualche valore, tenuto conto del tempo in cui visse; la sua scienza vince di gran lunga quella di tutti gli agrimensori romani. Cantor segue le tracce di Erone presso altri scrittori anche più moderni, quali sono Ermanno Contratto e Leonardo Pisano; anzi presso Giovanni Widmanno da Eger, la cui opera sul calcolo mercantile fu stampata nel 1489, e nella *Margarita philosophica* di Reysch, stampata la prima volta nel 1503. Il corso delle tradizioni si svolge dunque non interrotto dall'epoca dei Tutmosi e dei Ramessi fino al moderno rinascimento.

Ho tentato in questa rassegna di comunicarvi una parte dell'interesse sommo che io sento per queste penose, che altri chiama anche pedantesche, ma che a me paiono sommamente fruttuose ricerche. Forse si potrà dire con apparenza di ragione, che il succedersi delle tradizioni agrimensorie è una curiosità d'importanza secondaria nella storia dei popoli; ma io crederò sempre, che da questi studi, per quanto umile sia l'oggetto immediato delle ricerche, può scaturire, anzi deve più tardi scaturire la cognizione di fatti più grandi e più generali; come dalla presenza di poco importanti fossili in una serie di terreni può scaturire la storia di una intera formazione geologica. Da ultimo, lo studio dell'antica coltura non è ancora illuminato da tanta luce, che possa esser permesso di ricusare l'aiuto d'investigazioni simili a quelle che ora ho

descritto. Chi le fa, e chi con ogni mezzo le promuove (come fra noi un nobile e dotto patrizio romano) [1], merita altamente della repubblica letteraria.

---

[1] Non occorre ch' io dica, che intendo qui parlare di S. E. il principe Baldassare Boncompagni, del quale gli studi ed i generosi sacrifizi hanno avuto per risultato di spandere una gran luce sulla storia delle matematiche, e specialmente dell' aritmetica e dell' algebra. Il suo giornale, intitolato: *Bullettino di Bibliografia e di Storia delle scienze matematiche* (di cui egli fa dono regolare al nostro Istituto), è il centro di riunione, cui fanno capo i dotti nostrali e stranieri che coltivano queste materie. Una pubblicazione paragonabile a questa non esiste presso alcun' altra nazione. Dio gli conceda di prolungarla ancora molti anni, e di mettere in luce ancora molti tesori di antica scienza che tuttora giacciono occulti!

XVI.

SULLA NUOVA STORIA DELLE MATEMATICHE

PUBBLICATA DAL PROF. M. CANTOR

Dai Rendiconti *del Reale Istituto Lombardo, Serie II, Vol. XIV, Milano, 1881. (Comunicazione letta nell'adunanza del 10 febbraio 1881).*

Il prof. Maurizio Cantor di Heidelberga, nostro socio corrispondente, presenta in dono al R. Istituto Lombardo il primo volume di una nuova Storia delle Matematiche da lui composta [1]. Trattandosi di un' opera capitale, che sarà letta per molti anni, e citata da molti scrittori, io mi permetto di renderne conto forse con larghezza un po' maggiore di quanto richieda l' uso di simili presentazioni presso di noi.

Non ripeto semplicemente una frase stereotipata dall' uso, ma affermo una pura e semplice verità (di cui tutti i matematici qui presenti possono far testimonio), quando io dico che il prof. Cantor con questo suo grande lavoro riempie una lacuna da lungo tempo e da molti deplorata. L' opera fondamentale sulla storia delle matematiche era ancor sempre quella di Montucla, di cui la prima edizione vide la luce verso la metà del secolo scorso. Il Montucla, educato a quella forte scuola di eruditi francesi, che produsse Fréret, d' Anville, Bailly e tanti altri, adempì il suo intento nel modo che allora si poteva migliore; e la maggior prova dell' eccellenza del suo lavoro sta nel primato, che conservò fino ad oggi fra tutte le altre storie di simil genere pubblicate posteriormente nell' intervallo di più d' un secolo. Le quali, parte perchè ristrette ad una sola nazione o ad un sol ramo delle matematiche, parte perchè troppo concise e qualche volta troppo superficiali (parecchie sono compilazioni tratte dal Montucla stesso) non poterono soddisfare ai desideri degli studiosi in modo conveniente e completo.

(1) *Vorlesungen uber Geschichte der Mathematik*, von MORITZ CANTOR: *I Band; von der ältesten Zeiten bis zum Jahre 1200 nach Chr.* Leipzig, Teubner, 1880. VIII-804, p. in gr. 8.°

Ma, come tutti gli studi storici, così pure quelli concernenti l'origine e il progresso delle matematiche avevano fatto grandi progressi dopo la prima pubblicazione di quella storia: tanto, che il Montucla stesso, già di età grave, volle sul finire del secolo scorso tentarne una seconda edizione. Suo disegno era di condurla fino al 1800, laddove nella prima edizione il racconto di poco oltrepassava il 1700 e terminava colla invenzione del calcolo sublime. L'impresa non riuscì a seconda dell'intenzione; dopo ripubblicata l'antica storia con alcune addizioni divenute necessarie, Montucla fu rapito ai viventi nel 1799, non avendo compiuto che una piccola parte della narrazione concernente il secolo XVIII. La Lande, celebre astronomo suo amico e principale fautore, compì l'opera aggiungendo due volumi ai due già pubblicati; al che parte si valse dei materiali già raccolti da Montucla e parte contribuì del suo. Malgrado tali cure, e malgrado la copia delle notizie che essi contengono, questi due volumi sono riusciti grandemente inferiori ai due primi, e possiam dire, che l'istoria delle matematiche dopo Newton e Leibnitz è ancora da scrivere. Montucla aveva voluto abbracciare nel suo piano tutte le matematiche pure e miste, dall'aritmetica e dalla geometria fino alla meccanica pratica, all'ottica, all'astronomia, all'idraulica; nè avea ricusato d'occuparsi anche della musica, considerata nel senso che a questa parola attribuivano i Greci. Sì grande e varia impresa era ancora possibile per le età antiche, e per ciò che si può chiamare il Medio Evo di queste scienze, sino al finire del secolo XVII. Ma l'estenderla a tempi più recenti non poteva essere compito di un solo uomo, per quanto sagace ed erudito.

Questi ed altri ostacoli, che rendono oltremodo difficile ad un moderno scrittore il narrare in modo adeguato tutta la storia delle matematiche, sembrano aver per circa 70 anni distolto tutti dall'accingersi ad un'opera comparabile a quella del Montucla. Per qualche tempo si sperò ottenerla da Ermanno Hankel, professore di Tubinga, il quale vi si era disposto con forti e severi studi. Hankel disegnava di preparare le sue forze all'arduo cimento, facendo precedere alla grande Storia un'altra più compendiosa. Ma neppur questo bozzetto del maggior quadro potè egli condurre a termine, rapito nel 1873 da morte immatura. I frammenti che ne furono pubblicati in

edizione postuma [1] dimostrano, che già la storia minore sarebbe riuscita per sè un' opera assai importante, e tanto più fecero deplorare che Hankel non abbia potuto por mano all' opera più estesa.

Ad Hankel succede ora nel difficilissimo arringo il nostro socio corrispondente prof. Cantor. Poche persone possono con diritto pari al suo aspirare a raccogliere una così pesante eredità. Da trent' anni circa egli ha rivolto a questa materia le sue cure, ed oltre ad un numero considerevole di scritti minori raccolti per la maggior parte nella sezione storica del giornale matematico di Schlömilch, ha pubblicato due opere sull' argomento dove sono trattate le più difficili questioni della matematica antica e di quella del Medio-Evo [2]. Per evitare la causa principale dell' insuccesso da altri incontrato, il professore Cantor fin da principio stabilì di limitare rigorosamente la sua trattazione alle matematiche pure, le quali appena occupano un terzo dell' opera di Montucla. Ristretto così il campo, la materia divenne più uniforme e più facile a dominare; ma in compenso la quantità di nuovi fatti e di nuovi studi, dei quali l' Autore ha dovuto render conto, ha dato alla sua narrazione un' estensione molto maggiore che quella di Montucla non avesse [3]. Un tale aumento di fatti e di notizie si poteva prevedere in parte; ma esso è riuscito maggiore dell' aspetta-

(1) *Zur Geschichte der Mathematik in Alterthum und Mittelalter.* Leipzig, Teubner, 1874. 8° gr. L' insieme di questi frammenti costituisce una storia compendiosa abbastanza continua delle matematiche pure dalle origini fino al 1550; unica lacuna importante essendo quella che riguarda la geometria dei Greci del periodo classico, da Euclide alla fine della scuola d' Alessandria.

(2) Una sono i *Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker*, Halle 1863, 8.° L' altra è intitolata *Die Römischen Agrimensoren, und ihre Stellung in der Geschichte des Feldmesskunst.* Leipzig, Teubner, 1875. Di quest' ultima ho dato conto all' Istituto nell'adunanza del 13 gennaio 1876. Vedi lo scritto XV del presente tomo.

(3) Infatti mentre nell' opera di Montucla la storia di tutte le matematiche pure e miste dalle prime origini fino al cominciare del secolo XIII occupa 500 pagine, di cui circa 200 consacrate alle matematiche pure, nel libro del Cantor la sola storia delle matematiche pure durante l' uguale intervallo assorbe 784 pagine press' a poco equivalenti. E si noti, che l' esposizione del Cantor è in generale assai meno diffusa di quella del suo predecessore, il quale abbonda di digressioni e di discorsi non intieramente necessari allo scopo.

zione, e non si può ben persuadersene che coll'esperienza, percorrendo cioè il contenuto di questo primo volume, dal quale è dato argomentare del carattere dell'opera intiera. Ben è vero, che fra i due scrittori stanno le opere e le ricerche di Cossali, Libri, Colebrooke, Chasles, Nesselmann, Woepke, H. Martin, Bretschneider, Vincent, Friedlein, Hultsch, Sédillot, Bencompagni, Hankel, Todhunter, Günther, Cantor stesso, ed altri molti che sarebbe troppo lungo citare; e che numerossime memorie sopra punti speciali di storia delle matematiche furon pubblicati negli atti delle società e nelle opere periodiche, specialmente nel già citato giornale di Schlomilch [1], e nel *Bullettino* del principe Boncompagni: miniere ricchissime, d'onde l'Autore ha dovuto trascegliere per la sua narrazione molti eletti materiali.

Già nella prima sezione, che riguarda la matematica degli Egiziani, ci troviamo sopra un terreno nuovamente acquistato. Il sistema di numerazione parlato e scritto da quel popolo non fu rivelato che dai lavori di Champollion; e nozioni positive sull'aritmetica e sulla geometria degli Egiziani si ebbero per la prima volta soltanto quando il celebre egittologo Eisenlohr, superando difficoltà poco ordinarie e creando da sè l'istrumento dell'interpretazione, riuscì a penetrare il senso del celebre papiro matematico di Aahmes, la cui origine risalirebbe ai Pastori, od anzi alla XII dinastia, ai tempi di Ammeneme III (22 o 25 secoli a. C.). Questo papiro, di cui altre volte ebbi l'onore di dar qualche cenno all'Istituto colla scorta del professor Cantor [2], forma la base principale della sua esposizione storica; alla quale per altro le tradizioni classiche e l'interpretazione data da Lepsius delle iscrizioni geometriche del tempio d'Edfu somministrarono utili ed importanti addizioni.

Nella sezione seconda, consacrata ai Babilonesi, troviamo pure molte notizie provenienti dai nuovi studi sulle iscrizioni cuneiformi. Era noto doversi cercare a Babilonia l'origine dei

(1) *Zeitschrift für Mathematik und Physik, herausgegeben von Schlömilch, Cantor, und Kahl.* Lipsia, Teubner.

(2) *Ein mathematisches Handbuch der alten Aegypter* (*Papyrus Rhind des British Museums*), *uebersetzt und erklärt von Dr.* August Eisenlohr. Leipzig, 1876, con facsimile del papiro. — *Sulla interpretazione matematica del papiro Rhind.* di A. Favaro, nel tomo XIX degli Atti dell'Accademia di Modena. — I miei pochissimi cenni si trovano nello scritto XV del presente tomo.

sistemi sessagesimali dei pesi, delle monete, e della divisione del circolo, che di là si diffusero in Oriente ed anche in Grecia. Ma s' ignorava che questi sistemi fossero connessi con un modo generale di numerazione, che procede per unità crescenti in progressione geometrica avente il rapporto 60. Con questo modo, che è analogo affatto a quello oggi usato ancora da noi nello scrivere i gradi, i minuti, e i secondi, sono scritte le Tavole dei quadrati e dei cubi dei numeri naturali, dissotterrate da Lord Loftus nelle sue escavazioni di Senkereh. Il cubo di 16 per esempio è scritto così 1 . 8 . 16 . cioè che noi spiegheremmo con

$$16^3 = 1 \times 60^2 + 8 \times 60 + 16 \times 1 .$$

In presenza di fatti così inaspettati e così importanti, noi non possiamo che unire i nostri voti a quelli dell' Autore, affinchè si pensi con maggior alacrità a trarre in luce le infinite ricchezze archeologiche ed istoriche che ancor cela nel suo seno l' antica terra del Tigri e dell' Eufrate.

La terza sezione è dedicata ai Greci, ed occupa a buon diritto quasi la metà di tutto il volume. In questa parte non si possono aspettare novità così grandi come quelle che il libro contiene rispetto ai popoli orientali: non si deve credere tuttavia, che il tempo non abbia anche qui avuto il suo consueto effetto. Sull' aritmetica e sulla geometria dei Pitagorici molto rimane oscuro, ma qualche passo si è fatto. La storia dei geometri greci anteriori ad Euclide è stata molto rischiarata, specialmente per opera di Bretschneider. La confusione poi delle notizie concernenti Erone Alessandrino è in parte cessata, e la sua importanza nella storia delle matematiche comincia ad esser posta nella vera luce, per opera principalmente dello stesso Cantor [1]. Sembra ormai anche risoluta la questione famosa concernente i *Porismi* d' Euclide, mercè la restituzione fattane dal Chasles. Il conto che l' Autore ha dovuto tenere di questi lavori e di tanti altri minori, non gli ha impedito di attendere colla dovuta cura ai grandi matematici del periodo alessandrino, Euclide, Apollonio, Archimede, Pappo e Diofanto; delle cui opere ed invenzioni con sapiente e non superficiale brevità si dà notizia, accennando a tutto quello

[1] Vedi principalmente il suo libro *Sugli agrimensori romani*.

che si può desiderare di sapere da chi non voglia fare studio speciale sui volumi stessi di quegli immortali Autori [1]. E anche riguardo ai matematici minori le notizie sono complete per quanto l'ha concesso l'ingiuria del tempo. Veramente avrebbe potuto l'Autore accrescere la sua opera coll'enumerazione di molti geometri dei quali per uno o per altro caso si è conservato il nome presso qualche antico scrittore o su qualche monumento; ma la storia scientifica poco si vantaggia dei nudi nomi, come poco servono alla storia politica le semplici liste dei re.

La quarta sezione riguarda i Romani, e contiene materia quasi tutta nuova. Si tratta principalmente dei libri eroniani di pratica geometrica, e della loro diffusione nel mondo romano per mezzo dei gromatici; fondamento principale qui sono le ricerche del Cantor stesso nella citata opera sugli agrimensori.

Le matematiche degli Indiani vengono in seguito, e formano una delle più curiose ed importanti sezioni, per la quale ai tempi del Montucla non si avevano che pochissime ed imperfette notizie. Scorta all'Autore furono qui i capitoli matematici di Brahmagupta e di Bhaskara pubblicati da Colebrooke, l'Aryabhatiya recentemente uscita in luce per cura del dott. Kern, e le nozioni geometriche dei Çulvasûtras pubblicate da Tribaut [2]. Troverà qui il lettore una esposizione chiara e sufficiente delle note numerali di Aryabhatta, la quale ancora si desiderava.

Sopra la matematica dei Chinesi, che forma l'oggetto della sezione consecutiva, quasi nulla si conosce, essendosi fatte pochissime pubblicazioni delle opere originali che nella letteratura chinese occorrono di questa materia. È opinione generalmente invalsa, che prima dell'epoca dei missionari i Chinesi avessero fatto nelle matematiche pochi progressi. Tuttavia fra i pochi documenti conosciuti ve n'è uno, il quale sembra accennare a cognizioni non comuni sull'algebra delle equa-

(1) Sarebbe stato desiderabile, che seguendo l'esempio di Montucla, l'A. avesse aggiunto qualche cenno delle più importanti edizioni e traduzioni di quelle opere, capace di servire d'informazione e di guida a coloro che desiderassero intraprenderne lo studio. Questa mancanza credo sarà sentita da molti lettori dell'opera del Cantor.

(2) La geometria dei Çulvasûtras fu già esposta dallo stesso CANTOR. Vedi i suoi *Studi Greco-Indiani*, tradotti in italiano da G. SCHIAPARELLI (n. XX del presente tomo).

zioni indeterminate; è la così detta regola *Ta-yen* (grande amplificazione), la quale dicesi fosse esposta primieramente intorno al III secolo in versi enigmatici da Sun-tse; in ogni caso poi è stata compiutamente dichiarata da Yih-hing in un' opera apposita scritta nel 717 di Cristo, e più tardi da Tsin-kia-ciau che visse ai tempi di Gengiskan. La regola Ta-yen serve a trovare quei numeri che divisi per dati divisori, danno residui dati; secondo il Cantor essa non ha nulla di comune col processo usato dagli Indiani pel medesimo scopo, e si deve riguardare come un' invenzione originale molto onorevole pei suoi autori.

La penultima sezione, che tratta dello studio delle matematiche presso gli Arabi, è certamente una delle più importanti dell' opera. Molte notizie si erano accumulate su quest' argomento negli ultimi decenni, specialmente per l' opera indefessa del Woepke, anch' egli, come Hankel, rapito nel fiore dell' età ai suoi studi; ma si può dire che una storia alquanto comprensiva e ordinata non abbia esistito prima del medesimo Hankel, il quale ne fece oggetto d' una bella monografia nel volume V del *Bullettino* del principe Boncompagni (1). Hankel fu il primo a portare un po' d' ordine in questa materia, anzitutto separando le matematiche degli Arabi orientali da quelle degli Arabi occidentali, così distinte di tempo, di luogo, e anche d' indirizzo: profittando inoltre dei dati cronologici contenuti nei grandi lessici letterari e biografici di cui la letteratura arabica abbonda. Per tal maniera ora è permesso ordinar i prodotti matematici degli Arabi secondo le scuole, e dentro di ogni scuola, secondo la natural successione dei tempi: cosa senza di cui non è possibile seguire gli sviluppi ed i progressi delle scienze in modo logico e storico. Questo lavoro di Hankel è la principal base dell' esposizione del nostro Autore sulle matematiche degli Arabi. Malgrado tuttavia che le informazioni da noi possedute siano molto migliori e più estese che non quelle messe in opera da Montucla ai suoi tempi, nulla si trova a detrarre o ad aggiungere a quanto scriveva questo storico sulla scienza matematica degli Arabi stessi (2): « Les savants de cette nation portèrent en général un esprit servile dans les sciences:... Presque toujours commentateurs ou com-

(1) Riprodotta nell' opera postuma *Zur Geschichte der Mathematik*, etc.
(2) Vol. I, pp 375 e 384.

pilateurs des anciens, ils prirent rarement l'essor au de là des connaissances qu'avaient ceux-ci; et quand ils le firent, ils n'y ajoutèrent que des choses la plupart faciles et élémentaires... ». Eredi e depositari di tutto il sapere dei Greci e degli Indiani, appoggiati dalla stima dei dotti e dal favore dei principi, i matematici arabi scrissero un numero quasi infinito di opere, e tuttavia lasciarono agli Occidentali l'onore di far qualche grande passo al di là di quei limiti, a cui si erano fermati Archimede, Diofanto e Brahmagupta. Il loro merito principale fu di aver dato una forma più regolare all'algebra dei Greci, e questo agevolò molto i progressi ulteriori che vi fecero gli Italiani, immediati successori degli Arabi in tale materia.

Colla trattazione delle matematiche presso i cristiani occidentali del Medio Evo dopo Boezio fino al 1200, e coll'esposizione di ciò che si può sapere circa il trasporto e la diffusione in Europa del sistema indiano di numerazione scritta, termina il presente volume. Il secondo esporrà i progressi delle matematiche in Europa da Leonardo Pisano fino all'invenzione del calcolo infinitesimale. L'Autore promette di descrivere nel terzo l'epoca che comincia con Newton e con Leibnitz, e termina colla morte di La Grange; lasciando a futuri scrittori la difficile e per ora non matura impresa di seguire i progressi multiformi fatti nei tanti rami dell'analisi e della geometria durante il secolo XIX.

In questo primo volume si può dire concentrata la maggior parte dell'interesse, che potremmo chiamare *etnografico* o *psicologico*, della storia delle matematiche. Ciascun popolo si vede aver concepite in un modo diverso le nozioni fondamentali ed i primi problemi: ognuno ha portato in questi studi un'impronta sua particolare, specialmente notabile presso i Greci e presso gl'Indiani. Questo modo e quest'impronta sono strettamente collegati col genio di ciascuna nazione, e costituiscono un lato importante della sua natura intellettuale. Oggi non abbiamo più matematica italiana, inglese od americana: tutti gli sforzi individuali si raccolgono in una corrente unica, dove è annullato lo speciale carattere di tali studi presso le varie nazioni.

Non faremo all'Autore di questa opera altro elogio, che quello di esprimere il voto che egli possa condurla presto al desiderato compimento. Con speciale desiderio attendiamo da

lui la narrazione di quell' operoso e fecondo secolo XVIII, il quale avendo ricevuto l' analisi infinitesimale e la meccanica razionale allo stato di rudimenti, tanto si adoperò a svilupparne le teorie e le applicazioni allo studio della Natura; ed al quale così spesso bisogna risalire per trovare i germi delle più importanti invenzioni del secolo presente. Per ora non aggiungiamo che un solo desiderio, ed è che qualche persona competente ci dia la storia del Cantor tradotta in italiano. Opera questa che non solo sarebbe utile ed opportuna, ma anche relativamente facile, per lo stile semplice, naturale e chiaro con cui è scritto l' originale.

XVII.

A PROPOSITO DI UN NUOVO TRATTATO

DI

CRONOLOGIA ASTRONOMICA

Dalla Rivista di Astronomia e Scienze Affini — *Bollettino della Società Astronomica Italiana. Anno 1, 1907. Torino.*

Ascrivo a mia singolar fortuna che a me tocchi in sorte di dare alla Società Astronomica Italiana qualche succinta notizia di questa grande e bella opera [1], la cui pubblicazione soddisfa un lungo desiderio di più che mezzo secolo, sentito non solo dagli astronomi, ma anche dagli studiosi delle scienze storiche. Fra le diverse applicazioni dell'astronomia nessuna è più bella e più nobile e connessa con maggior varietà di cose, che la cronologia matematica e tecnica, quella che tratta del computo dei tempi in modo teoretico e storico. Come di tutte le scienze e di tutte le arti, così anche di questa i primi ed umili principi risalgono molto alto nella serie dei secoli. Forma di scienza regolare essa ebbe tuttavia soltanto da poco più di trecento anni; e questo avvenne principalmente per merito di due grandi eruditi, Giuseppe Scaligero e Dionisio Petavio, dei quali il primo colla sua opera fondamentale *De emendatione temporum* (1583) e l'altro colla sua anche più vasta e profonda *Doctrina temporum* (1627-1630) raccolsero e vagliarono gli sparsi materiali di questo studio, e posero le fondamenta di ciò che è ora diventato un grande e complicato edifizio.

Per due secoli (1630-1826) nessuno sperò di poter emulare e vincere l'opera di quei sommi, che in tutto quell'intervallo furono considerati come la prima autorità in tali materie. La loro dottrina fu nelle sue parti esaminata, corretta, ampliata per opera di matematici e di eruditi di tipo assai vario, fra i quali brillano i nomi di Newton, di Fréret, di Mabillon. Verso il 1750 una vasta sintesi di tutto il sapere cronologico fu ten-

(1) F. K. Ginzel, *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie*. Volume I, Lipsia, 1906, Hinrichs.

tata da alcuni Benedettini francesi nell'*Art de vérifier les dates*, dotta compilazione che ebbe grande successo, e venne di edizione in edizione crescendo come valanga, fino all'ultima che uscì fuori negli anni 1818-1844 in 44 volumi in 8°. Questa è stata una raccolta sommamente utile ed importante per la cronologia degli avvenimenti storici e per le infinite informazioni che contiene sugli usi generali e locali praticati in tutte le cancellerie e dai notai dei vari paesi nello esprimere la datazione dei loro documenti, ed ha servito di base anche a varie opere più moderne sulla scienza diplomatica e sul modo di fissar la data dei documenti medievali. Ma le parti matematiche e scientifiche non vi sono trattate in modo regolare, e riguardo ad esse l'opera poco o nulla dava di nuovo. Un trattato generale che comprendesse la Cronologia come scienza ed il modo di applicarla come arte non si era più veduto, oppure erano opere di seconda mano, estratte e compendiate da quelle dei due illustri fondatori.

A tale compito difficile si accinse un secolo fa l'astronomo regio di Berlino Ludovico Ideler col suo *Manuale di Cronologia matematica e tecnica*, pubblicato negli anni 1825 e 1826 (1), che malgrado la sua modesta mole ha segnato negli studi cronologici un'epoca importante. Ideler riuniva in sè in grado eminente tutte le qualità necessarie per riuscire in questa impresa. Era astronomo, non osservatore a dir vero, ma calcolatore perito; ed aveva l'arte (necessaria in un libro non destinato a soli matematici) di ridurre a facili e semplici pratiche di aritmetica ordinaria calcoli abbastanza complicati, togliendo loro ogni aspetto astruso e repulsivo. Educato a scuola classica, possedeva cognizioni estese in tutti i rami dell'antichità greca e latina, conosceva l'ebraico, e l'arabo gli era famigliare, come si può vedere dalla sua opera *Sui nomi delle stelle*. Inoltre per molt'anni della sua vita si era occupato di questioni cronologiche. A tali preparazioni egli univa un criterio storico esatto, esente da ogni spirito di esagerazione e di sistema, un giudizio sicuro, sempre accompagnato dal buon senso. L'opera corrispose pienamente alle speranze, e per 80 anni, cioè fino ai nostri giorni, tenne senza contrasto il primato fra tutti i libri di questa materia; e ancora sarà per

(1) *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie*. Berlin, 1825-1826; due volumi in piccolo 8°.

lungo tempo consultata nelle parti che dal progresso ulteriore non son rese antiquate.

Questo progresso venne subito, grande ed inaspettato. Pochissimi anni dopo la pubblicazione dell' *Handbuch* Champollion apriva agli eruditi le porte dell'antichità egiziana; gli scavi di Mesopotamia risuscitarono le civiltà, che si credevan perdute, di Babilonia e di Ninive. Le questioni concernenti la cronologia di quelle nazioni cambiarono interamente d'aspetto; per una risoluta, dieci nuove ne vennero fuori. Contemporaneamente venne a luce poco a poco l'immensa letteratura degli Indiani, e con essa i loro libri astronomici e i loro diversi modi di calcolare il tempo. Furono studiati i sistemi cronologici dei Cinesi (già da Ideler medesimo), dei Giapponesi, e delle nazioni loro vicine dell'Asia centrale, orientale e meridionale. Persino dalle antiche nazioni dell'America centrale si ebbero documenti sui loro curiosi sistemi di cronologia. Per opera di Sachau venne in luce la *Cronologia delle antiche nazioni* di Albîrûni, una specie di Ideler arabo, che verso il 1000 della nostra èra con grande lavoro, con estese relazioni letterarie, e non schivando neppure la fatica di lunghi viaggi, raccolse una gran quantità di materiali cronologici, che senza di lui sarebbero andati perduti. Nè frattanto erano rimasti inoperosi gli indagatori dell'antichità classica; i difficili e complicati ed ancora in molta parte insoluti problemi dei Calendari greci ed italici hanno dato luogo ad una copiosa letteratura, la quale s'illustra dei nomi di Augusto Boeckh e di Teodoro Mommsen.

Bastano questi pochissimi cenni per far comprendere le difficoltà che si opponevano a chi volesse in modo utile e degno riprendere, con tanto apparato di nuova materia, l'opera di Ideler. Già da parecchi anni il professor Ginzel ci aveva dato la misura del suo valore nei calcoli cronologici, prima col ricercare le correzioni necessarie ad introdursi nel *Canone di Oppolzer* per farlo concordare nel miglior modo possibile colle memorie storiche delle antiche eclissi, poi col pubblicare sotto gli auspizi dell'Accademia di Berlino il calcolo speciale di tutte le eclissi visibili nel campo occupato dalla storia classica (dintorni del Mediterraneo ed Asia anteriore) per 1500 anni, cioè dal 900 avanti Cristo al 600 di Cristo [1]. Assunto

[1] *Spezieller Kanon der Sonnen-und Mondfinsternisse für das Län-*

che ebbe questo compito per le esortazioni di uomini autorevolissimi, egli s'avvide subito che data la qualità e la copia strabocchevole della nuova materia, un semplice rifacimento del libro d'Ideler non avrebbe raggiunto lo scopo: « Non solo il materiale moderno (egli dice) costringe ad aggruppare diversamente le notizie nella trattazione dei singoli sistemi cronologici, ma obbliga anche a cambiare il punto di vista da cui storicamente si considerano le cronologie di diversi popoli; esso richiede, per un contenuto nuovo, una nuova forma ».

In questo primo volume, destinato per la maggior parte all'esposizione delle cronologie dell'antico Oriente e dei popoli asiatici, « il materiale d'opera di tanto eccede le notizie dei classici, che di queste appena si può usare qua e là a modo di complemento o di comparazione. I risultati delle nuovissime ricerche sulle antiche nazioni dell'Asia son stati fecondissimi appunto per la loro cronologia. Di questo materiale archeologico, fondato sui monumenti e sui resti letterari delle antiche civiltà, il giudizio è spesso difficile; prima per la novità della cosa, che varia sempre da un popolo all'altro, in secondo luogo perchè l'incertezza inseparabile da tali ricerche spesso dà luogo a divergenze radicali d'opinione anche fra gli eruditi più competenti. Doppiamente difficile diventa la cosa per l'astronomo che deve elaborare tutti quegli elementi. La cognizione delle lingue dei vari popoli, che si potrebbe credere necessaria, non può neppur essa dare piena sicurezza. Perchè, anche non considerando che il presente volume da sè solo avrebbe richiesto la cognizione di *quattordici* di tali lingue – cosa che non si può domandare ad alcuno –, non bisogna dimenticare che gli stessi conoscitori di una lingua non sempre sono d'accordo sulla cronologia del popolo corrispondente. Sia accennato, per modo di esempio, alla cronologia degli Arabi ante-islamici, sulla quale non vi hanno che notizie contraddittorie di scrittori troppo recenti, od accenni più o meno vaghi dei poeti arabi più antichi. E si notino, come altro esempio, le contraddizioni anche adesso vigenti fra gli egittologi sulle molte questioni concernenti il calendario egiziano. Lo scrittore

dergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr. Berlin, 1899, con 15 carte eclittiche, dimostranti le zone di oscurazione delle eclissi totali ed anulari. Queste zone sono date qui secondo il loro corso effettivo, e non nel modo convenzionale usato pel canone di Oppolzer.

astronomo, il quale deve usare del copiosissimo e svariatissimo materiale archeologico per metterlo a cimento coi fatti astronomici, farà bene quindi ad appoggiarsi a quei dotti, che delle varie lingue han fatto studio speciale, e a valersi dei loro lavori. Fortunatamente ora nella maggior parte dei casi importanti le fonti utili alla cronologia degli Orientali son tradotte in una delle lingue europee e quindi generalmente accessibili ». Così l'Autore.

Dirò ora qualche parola sul contenuto del volume già pubblicato, che sarà il primo dei tre, onde l'opera deve comporsi. Precede, ad imitazione di quanto aveva fatto Ideler, una parte generale ed introduttiva, comprendente tutte quelle nozioni di astronomia, che in qualche modo si connettono colla misura e col computo del tempo, dove pure si espongono i concetti fondamentali che servono di base a qualunque calendario e a qualunque sistema cronologico. Notevole in questa parte è il confronto fra le stazioni lunari degli Indiani, dei Cinesi e degli Arabi. Vi sono aggiunte alcune utili tavole, per esempio a p. 101 le date degli equinozi di primaveva negli anni secolari da — 4000 a + 1600 secondo il calendario Giuliano; a p. 543 la tavola che dà le posizioni medie di 26 stelle principali dall'anno — 4000 all'anno + 800; a p. 546 quella degli archi semi-diurni per latitudini da + 20° a + 45° e per declinazioni da — 30° a + 49°; a p. 547 la tavola, che dà espresse secondo il calendario Giuliano, le epoche di tutti i noviluni fra gli anni 605 e 100 prima di Cristo.

Troppe pagine sarebbero da aggiungere a quest'articolo, se io mi proponessi di accennare anche solo brevemente tutte le cose interessanti e poco note, che l'Autore ha raccolto in questo suo primo volume; tutte trattate, non occorre dirlo, con piena competenza della materia, in stile serrato e breve, ma sempre chiaro. Notiamo nel capitolo dei Babilonesi l'antichissima forma del calendario lunisolare sumeriano, usato assai prima che Babilonia comparisse negli annali della storia. Quel calendario, mutati i nomi dei mesi, servì poi di modello a quelli usati a Babilonia, a Ninive, in Siria e da ultimo anche in Grecia. – Il capitolo degli Egiziani, che l'Autore confessa avergli costato più fatica che tutti gli altri, è degno di particolare studio, anche da parte di quelli che sulle antichità Niliache hanno speso la loro vita. Le molte discussioni che da un secolo in qua si fecero sulla cronologia e sul calendario

degli Egiziani, particolarmente sul periodo di 1460 anni detto *Sotiaco* o *Canicolare*, avevano prodotto su certi punti più confusione che luce, ed avevano anzi dato corpo e parvenza di verità ad una quantità di ipotesi più ingegnose che vere. Guidato da un retto spirito critico ed appoggiato alle informazioni di fatto fornitegli da distinti egittologi, egli ha spazzato via più d'un errore fondamentale, e più di una falsa immaginazione, che appoggiata al prestigio di alcuni nomi illustri si eran venute divulgando. Tale per esempio, l'ipotesi che gli Egiziani si servissero contemporaneamente dell'anno vago di 365 giorni e dell'anno stabile di 365 $^1/_4$ giorni, divisi l'uno e l'altro in modo uguale, coi mesi ugualmente denominati; e che di questo non contenti, facessero anche uso in certe circostanze dell'anno lunare di 354 giorni. Una retta e non artifiziosa interpretazione dei dati monumentali permette invece di affermare, che prima del dominio romano non fu mai presso gli Egiziani in uso effettivo e generale altra specie di anno, che l'anno vago di soli 365 giorni senza intercalazioni. Secondo le date di questo anno si trovan registrati tutti gli avvenimenti, ed anche il levare eliaco di Sirio. Era questo per gli Egiziani il fatto regolatore di certe feste connesse colle stagioni, feste che dipendendo dall'anno tropico cambiavan di data poco a poco nell'anno vago ritardando di un giorno ogni quattro anni. Avevan dunque gli Egiziani feste di data fissa e feste mobili come noi; colla differenza che presso di noi le feste mobili non escono da certi limiti, mentre le feste mobili degli Egiziani facevano il giro dell'anno intiero. Di tutto questo gli Egiziani si rendevano certamente conto; essi non tardarono ad accorgersi che il levare di Sirio e tutte le feste mobili ritardavano di un giorno ogni quattro anni, ed è anche possibile che alcuno di loro abbia calcolato, che il levare di Sirio e tutte le feste mobili connesse colle stagioni dovevano fare il giro di tutti i mesi dell'anno vago in $365 \times 4 = 1460$ anni, e che dopo 1460 anni sarebbero tornati alle date iniziali; venendo così al concetto di ciò che fu chiamato il periodo *Sotiaco*. Nulla però dimostra che essi abbiano usato di questo periodo nel calcolo dei tempi, e si può ritenere come certo che le notizie di esso tramandate dai Greci e dai Romani sono di origine affatto recente. A speculazioni dell'epoca greco-romana si possono pure attribuire l'invenzione del periodo del bue Apis (25 anni), quella del periodo della Fenice (di cui nessuno

sapeva il valore esatto), quella del gran ciclo di 36525 anni, ecc.; circa i quali periodi i monumenti sono affatto muti.

L'Autore ha raccolto pazientemente tutte le notizie contraddittorie e poco sicure, che si hanno dei calendari usati in Arabia prima di Maometto. Le numerose iscrizioni dell'Arabia meridionale hanno fatto conoscere i nomi dei mesi del calendario Sabeo. È sommamente probabile che almeno una parte degli Arabi pre-islamici usasse un calendario lunisolare, intercalando, quand'era necessario, una tredicesima luna, come consta aver fatto tutti i popoli di lingua affine, per esempio i Babilonesi, gli Ebrei ed i Fenici. Maometto si dichiarò contrario a questa pratica, e la prescrizione del Corano a tale riguardo è notevole per la sua forma. « Per ordine divino il numero dei mesi è di dodici. Così sta segnato nel libro di Dio, fin dal giorno in cui Egli creò il Cielo e la Terra. Quattro di questi mesi sono sacri. Così prescrive la vera religione. Mutare posto ad un mese sacro è un atto da infedele. Gl'infedeli si sbagliano. In un anno ammettono un certo mese e in altro anno non lo ammettono più, perchè torni il conto dei mesi consacrati da Dio, e così permettono appunto ciò che Dio ha proibito ». Così nacque l'anno Maomettano di 12 lune senza mese intercalare, usato anche oggi dal Marocco alle isole della Malesia; del quale la perpetua discordanza dal corso del Sole ha creato imbarazzi non pochi ai popoli che vivono di agricoltura, specialmente per la riscossione delle imposte sui prodotti agrari, che naturalmente può farsi soltanto secondo il periodo dell'anno solare. Anche gli Arabi, come gli Ebrei loro fratelli di stirpe, hanno usato da tempo immemorabile la settimana, adottando però come giorno festivo il Venerdì invece del Sabato degli Ebrei e della Domenica dei Cristiani.

Nella trattazione dei calendari Iranici l'Autore, più fortunato di Ideler, ha potuto appoggiarsi all'interpretazione, ai nostri tempi molto progredita, dello Zendavesta e presentar una descrizione più completa; in ciò anche profittando delle nuove notizie fornite da Albîruni. Ma le questioni d'origine, già così dottamente trattate da Ideler, non hanno fatto da questo in poi alcun passo notabile, malgrado le ipotesi ingegnose proposte a questo fine. L'uso del calendario Iranico, sotto forme fra loro poco differenti, si diffuse nei secoli di mezzo su gran parte dell'Asia occidentale dal Golfo Persico ai monti Altai, e dall'Halys all'Indo. Tutti sono appoggiati

all' anno vago di 365 giorni, ad eccezione del più antico conosciuto, quello che si usava in Persia ai tempi di Ciro e di Dario, che pare fosse insomma una forma del calendario lunisolare babilonico.

Col capitolo degli Indiani l'Autore entra in una materia che al tempo di Ideler era ancora poco accessibile, e che Ideler non trattò. Nelle epoche più antiche della storia indiana, rappresentate dai Veda e dai loro commentari teologici e liturgici detti *Brahmana*, il computo dei tempi era fondato principalmente sul mese lunare suddiviso dal novilunio vero e dal plenilunio in due parti, con qualche accenno ad una divisione in quattro, che più chiara si manifestò poi negli scritti dei Parsi e dei Buddisti. Veramente notevole è il modo con cui gli Indiani già in tempi remoti connettevano il mese lunare coll' anno solare. Avevano essi osservato, che la Luna diventa piena appunto quando è opposta al Sole. Invece di osservare il Sole (cosa non facile a farsi direttamente) essi usarono notar ogni volta il luogo del cielo, dove la Luna sia piena; e questo luogo fissarono coll' aiuto delle stelle vicine, distribuite lungo lo zodiaco in 28 gruppi o costellazioni dette *naxatra*, così determinate, che la Luna nel suo corso ne percorresse una ogni giorno. Il luogo che la Luna piena occupava fra i *naxatra* definiva senz' altro la stagione dell' anno in cui uno li trovava. E la durata dell' anno non era altro che il tempo del ritorno della Luna piena al medesimo *naxatra*. L' invenzione dei *naxatra* è, come si vede, intimamente connessa colla natura del calendario indiano, e con poca probabilità si vuole oggi attribuirla ai Babilonesi, ne' cui monumenti astronomici finora non se n' è trovato indizio sicuro. Del resto il modo di definire l' anno lunisolare per mezzo dei *naxatra*, il quale appare così semplice a primo aspetto, non è esente da difficoltà pratiche; sia perchè il luogo del cielo dove la Luna si fa piena non è definibile con molta precisione senza strumenti, sia perchè la rivoluzione siderale della Luna non si fa in 28 giorni esatti; i pleniluni poi non si ripetono nei medesimi punti del cielo. Perciò gli astronomi-sacerdoti del Bramanismo furono presto condotti a complicazioni di calcolo, come si vede nel trattato detto *Gyotisham*, che è uno dei *Vedanga* o supplementi del Veda. Qui il tempo è calcolato per periodi di 1830 giorni pari a 5 anni di 366 giorni. Ognuno di questi periodi è supposto comprendere 67 mesi lunari siderei, 62 mesi lunari sinodici, 60 mesi

solari di 30 $^1/_2$ giorni e 61 mesi *savana* di 30 giorni; il significato di questi ultimi essendo puramente rituale.

Nei primi secoli dell'èra volgare pervennero nell'India dall'Occidente notizie più esatte sul corso degli astri, e con queste fu costruito un computo nuovo, che ancora oggi è in uso, e si trova esposto nei trattati astronomici detti *Siddhanta*. Io non seguirò il diligentissimo Autore nella selva intricata di questa cronologia. Qui, come in altre cose, si manifesta la natura del genio indiano, che alla chiarezza e alla semplicità preferisce il gigantesco, il multiforme e l'astruso. Il loro calendario luni-soli-stellare è quanto di più complesso la mente umana abbia inventato in questa materia.

La cronologia dei Cinesi e quella poco diversa che i Giapponesi usarono fino al 1873 (anno in cui si convertirono al calendario Gregoriano) sono fondate anch'esse sul computo lunisolare e si distinguono per questo, che la numerazione dei tempi vi si fa per cicli di 60 giorni, di 60 mesi e di 60 anni. Anche i Cinesi, come gli Indiani, usarono *ab antiquo* il novilunio vero in luogo del novilunio apparente. Anch'essi quindi furon condotti a determinare le stagioni per mezzo dei luoghi dove accadono in cielo i pleniluni e a stabilire per loro conto una serie di 28 costellazioni lungo lo zodiaco, da loro chiamate *siu* e assai analoghe ai *naxatra* indiani. Molto si è disputato sull'origine di questi *siu*, che alcuni vollero derivati dai *naxatra*, mentre altri sostennero la derivazione inversa. Ora è in credito l'opinione, che gli uni e gli altri sian venuti da Babilonia, la quale sarebbe stata maestra di astronomia a tutta l'Asia. Per ciò che concerne le 28 costellazioni lunari la cosa mi par molto dubbia. Primo perchè non si è ancora dimostrato in modo convincente, che certe liste di asterismi babilonesi trovate negli scavi di Mesopotamia rappresentino veramente serie di asterismi lunari. Secondo, perchè il sistema cronologico dei Babilonesi si fondava sulle osservazioni dei noviluni apparenti, e la relazione dei mesi lunari col moto del Sole si determinava, non col notare in cielo i luoghi dei pleniluni, ma coll'osservazione del levare eliaco di alcune stelle o gruppi di stelle a ciò particolarmente adatti. Le mansioni lunari sono affatto estranee ai metodi babilonesi. Esse eran pure estranee ai metodi degli Arabi, nella cui cronologia, fondata sui noviluni apparenti, le costellazioni lunari non entrano affatto. Eran presso di loro una curiosità uranografica, importata dall'India

forse in tempi non molto remoti. Gli Arabi le introdussero qualche volta nei loro computi astrologici, e alcuno dei loro astrolabi le porta segnate insieme coi 12 segni dello zodiaco.

Ai computi indiani, od ai computi cinesi, o ad entrambi, in qualche parte si accostano quelli dell'India oltre il Gange, quei dell'Arcipelago malese e quei dell'Asia centrale. Unico e diverso da tutti gli altri invece è il sistema di cronologia usato dai popoli dell'America centrale, dal Messico al Nicaragua, prima della conquista spagnuola. Tutti questi popoli avevano un sistema vigesimale di numerazione: quindi la base dei loro calcoli del tempo è uno spazio di 20 giorni, che ripetuto 18 volte con l'aggiunta di 5 giorni intercalari, dava un anno vago di 365 giorni. Lo stesso spazio di 20 giorni ripetuto 13 volte dava un periodo di 260 giorni detto *tonalamatl*. I due periodi di 365 e di 260 giorni partendo da un'origine comune e correndo parallelamente, dopo 52 anni e 73 *tonalamatl* ritornavano di nuovo a cominciar insieme. La durata di 52 anni = 73 *tonalamatl* era il fondamento della cronologia storica di quei popoli. Non si sa bene se e come tenessero conto della discordanza fra l'anno vago e l'anno tropico. Essi attendevano anche alle apparizioni del pianeta Venere, il cui periodo sinodico avevan determinato assai bene in 584 giorni, e trovato rinnovarsi 5 volte in 8 anni vaghi.

L'Autore tace dei Peruviani, sul cui modo di calcolare il tempo non si hanno notizie sicure. Si sa solamente che essi determinavano gli anni solari per mezzo di osservazioni dirette fatte sul Sole coll'aiuto di certi istrumenti o piuttosto edifizi detti *intihuatana*, cioè specole del Sole. Di parecchi *intihuatana* esistono ancora rovine, non però tali che si possa accertare il modo di usarli, specialmente per esser stati tutti privati delle loro parti metalliche. Sembra che per mezzo di colonne verticali si osservassero i due momenti dell'anno in cui il Sole passava allo zenit del luogo. Piattaforme circolari piane, ben livellate di 5 o 6 metri di diametro disposte intorno alle dette colonne accennano anche ad osservazioni di direzione dell'ombra di quelle. Ma i cenni degli storici spagnuoli della conquista sono poco chiari e si contradicono fra di loro.

Con quanto precede io spero di aver dato al lettore qualche idea della copia d'informazioni raccolte dall'Autore in questo suo primo volume; al quale è da augurare che con pari valore e fortuna egli possa far succedere gli altri due.

Di questi il secondo conterrà la cronologia ebraica e giudaica, quella dei Greci di Europa e d'Asia, quella dei Romani, dei Macedoni e dei Siri. Il terzo volume sarà consacrato alla cronologia dei popoli cristiani. Come supplemento indispensabile a chi voglia fare dei calcoli cronologici si possono considerare le *Tavole cronologiche* di R. Schram delle quali l'Autore sta preparando una nuova edizione (1): il *canone generale delle eclissi* di Oppolzer (2) e il canone speciale delle eclissi di Ginzel (3), nel quale si danno già calcolati i particolari delle eclissi per le epoche comprese nella storia antica e classica. Per i calcoli del levare e del tramontare eliaco, cosmico, acronico, ecc., dei pianeti e delle stelle servono le *Tavole ausiliari* di Wislicenus (4). Per i calcoli delle posizioni del Sole, della Luna e dei pianeti sono comodissime e nel più dei casi anche sufficienti le *Tavole abbreviate* di Neugebauer (5).

---

(1) R. Schram, *Hilfstafeln für Chronologie*, Wien, 1883; *R. Schram, Kalendariographische und Chronologische Tafeln*, Lipzig, Hinrichs 1908.

(2) Th. von Oppolzer, *Canon der Finsternisse*. Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften, vol. LII. Contiene i dati pel calcolo di tutte le eclissi dal 1208 avanti Cristo al 2162 di Cristo, con 160 carte, che danno approssimatamente la zona di centralità per tutte le eclissi totali ed annulari visibili in quell'intervallo di tempo nell'emisfero boreale della Terra.

(3) F. K. Ginzel, *Spezieller Kanon der Sonnen-und Mondfinsternisse für das Ländergebiet des klassischen Altertumswissenschaften, und den Zeitraum von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr.*, Berlin, Mayer & Müller, 1899. Contiene per l'intervallo accennato l'aspetto delle eclissi per tutta la regione che circonda il Mediterraneo; inoltre i tempi e le quantità di oscurazione per Roma, Atene, Menfi e Babilonia. Le zone di totalità sono disegnate, con quel grado di precisione che le tavole odierne consentono, su 15 carte Vi è un'aggiunta contenente ricerche sulle eclissi storiche.

(4) W. F. Wislicenus, *Tafen zur Bestimmung der jährlichen Auf-und-Untergänge der Gestirne*, Leipzig, Engelmann, 1892.

(5) P. Neugebauer, *Abgekürzte Tafeln der Sonne und der grossen Planeten*, Berlin, 1904. *Abgekürzte Tafeln des Mondes*, Berlin, 1905. Pubblicate dallo *Astronomisches Rechen-Institut* di Berlino, n. 25 e n. 27.

XVIII.

A PROPOSITO DI UNA STORIA DEI SISTEMI PLANETARI DA TALETE A KEPLERO

Dalla Rivista di Astronomia e Scienze Affini — *Bollettino della Società Astronomica Italiana. Anno II, 1908. Torino.*

Seguire nell'ordine dei secoli il progressivo svolgimento delle idee più o meno razionali, che prevalsero in vari tempi circa la struttura generale dell'universo; rendersi conto delle costruzioni ipotetiche, con cui si tentò di spiegare i grandi movimenti che in esso appaiono; descrivere insomma le vicende della cosmologia geometrica e meccanica fino al suo ultimo stadio, rappresentato dalla teoria della gravitazione, è un grande e bellissimo argomento, che sempre ha destato l'interesse così dei filosofi come degli astronomi. È una storia di venticinque secoli, che comincia con Talete e, per quanto riguarda il sistema nostro planetario, si può dire finita con Newton o coi continuatori di Newton.

Parlando di svolgimento storico, naturalmente non si tien conto di quella specie di cosmologia, che è una pura rappresentazione ingenua delle apparenze, combinata spesso con idee fantastiche e mitologiche; la quale sempre fu, ed ancora è, la cosmologia della immensa maggioranza degli uomini. Qui s'intende accennare alla cosmologia, che ha fatto parte delle speculazioni filosofiche e delle ricerche scientifiche positive; alla cosmologia razionale, che è una interpretazione dei fenomeni dedotta dall'osservazione prendendo per base certi principi fondamentali. Come tale essa ha percorso, nel suo svolgersi, tre principali periodi. Nel primo prevalsero speculazioni fisiche di natura più o meno arbitraria; nel secondo la struttura dell'universo fu trattata principalmente come un puro problema di geometria; nel terzo la combinazione dello studio geometrico con quello delle leggi fisiche ha condotto alla definitiva soluzione del problema, almeno in quanto concerne i movimenti di sistema planetario.

Il dott. Dreyer, Direttore dell'Osservatorio astronomico di Armagh (Irlanda) ha intrapreso di trattare questo seducente argomento, e ci da in questo suo volume [1] la storia dei sistemi planetari da Talete fino a Keplero; cosa che forse prima di lui non era stata tentata da alcuno [2]. Il suo scopo principale è stato di rettificare molte leggende fantastiche ed erronee correnti ancora oggi sull'argomento, non solo in opere generali di storia scientifica, ma anche in libri aventi per oggetto speciale l'astronomia.

Dopo aver rapidamente indicato quel poco che si sa o si congettura intorno alle idee cosmografiche dei Babilonesi, degli Egiziani, degli Ebrei e dei Greci dell'età omerica, egli passa in rassegna le opinioni professate intorno alla struttura dell'universo dai più antichi filosofi greci. In queste opinioni all'interpretazione mitica già si trova surrogata una interpretazione fisica e meccanica; ed in alcuna di esse poi si manifesta chiaramente la tendenza a ridurre e coordinare i fenomeni più salienti del mondo fisico ad un unico principio. Tali sono le curiose costruzioni di Anassimandro, le quali (per quanto si può intendere dalle imperfette notizie che ne abbiamo) sembrano concepite nell'intento di ridurre il moto diurno e il moto annuo del Sole ad un unico meccanismo, e ad un altro meccanismo il moto diurno ed il moto mensile della Luna. Sembra che Anassimandro avesse qualche idea della convessità della Terra, ed è certo che fu il primo a considerarla come

(1) *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler* by J. L. E. Dreyer. Cambridge: University Press, 1906, XII-432 pagine in 8° con figure.

(2) Ad onor del vero sia detto, che una parte della stessa materia era stata trattata da Apelt, professore di filosofia e di matematica in Jena, nel suo bel libro *Die Reformation der Sternkunde*, pubblicato nel 1852. Le epoche dell'antichità classica erano pure state investigate da H. Martin in numerose memorie speciali. A queste medesime epoche si riferiscono i profondi lavori di L. Ideler, A. Boeckh, P. Tannery, F. Hultsch e di altri delle cui investigazioni il Dreyer ha naturalmente esposto e discusso i risultati colla maggior cura. Per l'epoca moderna dopo Copernico, egli ha profittato dei recenti lavori su Copernico, su Ticone, su Keplero, su Galileo. La storia della gran scoperta di Newton, e dei perfezionamenti posteriormente introdotti nella nostra cognizione del sistema solare è materia troppo diversa dall'altra e da trattarsi con altro metodo e con altro stile; perciò opportunamente l'autore non ha condotto la sua narrazione oltre ai tempi di Keplero e di Galileo.

un corpo di dimensioni finite, isolato nello spazio da tutte le parti. Nella scuola di Pitagora a quest'idea si aggiunse quella di forma sferica, che Parmenide pare fosse il primo ad enunciare per iscritto. Questi due concetti, dell'isolamento della Terra nello spazio occupato dai corpi celesti e della sua forma rotondeggiante, sono da considerare come scoperte di primo ordine: soltanto col prenderli per base è stato possibile ai Greci di costruire un'astronomia teoretica, al che nessun altro popolo dell'antichità ha saputo arrivare. Gli stessi Babilonesi, che pure furono così diligenti osservatori e così abili calcolatori, non giunsero mai ad una vera teoria, ma sempre dovettero limitarsi a formular regole puramente empiriche per calcolare il moto apparente dei corpi celesti, senza mai aspirare a rendersi conto del loro moto reale. Perciò ai Greci e non ai Babilonesi dobbiamo ascrivere i primi tentativi di ordinare i moti celesti in un vero sistema planetario.

Nel secolo V prima di Cristo vediamo comparire due di tali sistemi, entrambi di origine Pitagorica. L'uno supponeva il principio motore dell'universo esser raccolto nel centro, ed è il sistema del fuoco centrale, di cui fu, se non autore, certo divulgatore Filolao. L'altro è il sistema puramente geocentrico, il quale era già noto a Timeo locrese, e fu poi da Platone posto come base della sua cosmologia; in esso l'anima del mondo ed il principio motore si supponeva distribuito in tutte le parti dell'universo. Il sistema di Filolao e le idee di Platone sono esposte molto bene dall'autore seguendo principalmente gli studi di Boeckh, il quale più di ogni altro ha contribuito ad illustrare questa materia, ed a darle quel grado di certezza storica, di cui essa è ancora suscettibile.

Viene in seguito una assai chiara esposizione delle sfere omocentriche di Eudosso, delle quali la vera costituzione non fu intesa dagli storici dell'astronomia che quando ad Ideler riuscì di mostrarne il principio fondamentale. A differenza dei precedenti, questo è un sistema puramente geometrico, destinato ad ottenere una rappresentazione approssimativa dei principali fenomeni del mondo planetario. È la prima volta che questo ingegnosissimo ed elegantissimo fra tutti i sistemi dei Greci viene esposto in un'opera storica di carattere generale, ed è la prima volta che ad esso si dà il debito luogo nell'astronomia dei Greci, rendendo ai meriti del suo autore la dovuta giustizia. Al sistema di Eudosso, perfezionato da

Callippo, si appoggiano le idee cosmologiche di Aristotele; il quale ne modificò la struttura in guisa da adattarlo alla sua idea, che il principio motore dell'universo dovesse trovarsi sulla circonferenza di esso e non al centro.

Il capitolo VI, intitolato *Eraclide ed Aristarco*, spiega l'evoluzione d'idee cosmologiche avvenuta in Grecia nei cento anni che seguirono la morte di Platone (347 av. Cristo). Al cominciare di questo intervallo Eraclide Pontico proclama categoricamente l'immobilità del cielo stellato e la rotazione diurna della Terra; pone inoltre nel Sole il centro della rivoluzione di almeno due pianeti, Mercurio e Venere. Alla fine del medesimo intervallo Aristarco di Samo già è arrivato a ravvisare nel sistema eliocentrico (che noi chiamiamo Copernicano) il modo più semplice e più elegante di rappresentare tutti i fenomeni principali dei movimenti planetari. In questo intervallo cade ancora l'invenzione degli eccentri mobili e degli epicicli, dei quali Apollonio, poco dopo Aristarco, investigava le geometriche proprietà. Dalle speculazioni dei filosofi il problema del sistema cosmico era passato alle ricerche rigorose dei geometri; i quali presto giunsero a riconoscere, esser quello un problema di moti relativi, capace di diverse soluzioni. Al geometra l'ufficio di cercare e di proporre tali soluzioni: al fisico quella di scegliere fra esse la più conveniente alla natura delle cose.

Sebbene di tutto questo movimento d'idee non ci rimangano che poche ed imperfette notizie, tuttavia è ancora possibile rintracciare l'ordine logico, per cui date le posizioni di Eraclide Pontico, si potè giungere al concetto eliocentrico proclamato da Aristarco. Il punto di partenza fu l'aver rilevato che il sistema d'Eudosso era insufficiente a spiegare le grandi variazioni di splendore osservabili in Marte ed in Venere, e la necessità di rendersi conto di tali variazioni. L'idea dell'eccentro mobile, suggerita molto probabilmente dalle osservazioni di Marte, ha servito qui come ponte di passaggio. Il Dreyer attribuisce ad Aristarco tutto intiero il merito di questo passaggio: ed è certo che dagli antichi egli ne fu riconosciuto generalmente come primo ed unico autore. Tuttavia esistono testimonianze, le quali permettono di pensare che allo studio dei vari problemi connessi con questo argomento abbiano preso parte, non solo Eraclide stesso, ma anche i matematici Autolico ed Aristotero (fiorirono intorno al 300 prima di Cristo), i quali

d'alcuno di tali problemi certamente si occuparono, ed in scritti speciali oggi perduti ne fecero pubblica discussione. Aristarco è da credere sia stato quegli, che trasse le ultime conclusioni, e fra le altre cose fece vedere come nel sistema eliocentrico si presenti la varietà dei giorni e delle notti, e la teoria delle stagioni. Egli rispose ancora alle obbiezioni dedotte dalla parallasse delle stelle fisse, alla quale del resto pare già avesse provveduto Eraclide, col supporre infinito il mondo.

In una breve rassegna è impossibile dar pieno conto di tutte queste particolarità così interessanti per la storia dell'ingegno umano, e seguire l'autore nella esposizione di ciò che diventarono le ipotesi geometriche sul sistema del mondo nelle mani di Apollonio, di Ipparco e di Tolomeo. Qui gli eccentri fissi e mobili e gli epicicli sono diventati strumenti d'uso corrente per rappresentare qualunque anomalia, press'a poco come oggi nell'Astronomia e nella Fisica si applicano dappertutto la serie di seni e coseni e le funzioni sferiche. In quel tempo cadono altresì i tentativi di determinare, oltre alla disposizione del sistema cosmico, anche le dimensioni delle sue diverse parti. Un discreto successo era stato raggiunto da Eratostene nella sua misura della Terra, e da Ipparco nella determinazione della distanza e grandezza della Luna. Ma della distanza del Sole non si cominciò ad aver un'adeguata idea che alla fine del secolo XVII.

Il dovere dello storico obbliga l'autore ad accompagnare le idee cosmologiche nel loro moto retrogrado attraverso i secoli del Medio Evo, durante i quali la luce della scienza, quasi del tutto estinta in Occidente, fu conservata più o meno fedelmente presso le grandi nazioni orientali, e principalmente presso gli Arabi. Questi ultimi nei loro calcoli generalmente si attennero alle teorie dell'Almagesto, modificando soltanto le costanti secondo le nuove osservazioni, senza introdurre del resto novità di molta importanza. Ma dopo che le teorie aristoteliche ebbero acquistato favore anche presso di loro, si nota una tendenza a ritornare verso le ipotesi omocentriche adottate come sue da quel gran filosofo. Interessanti sono le notizie che porge l'autore sulle innovazioni proposte nel secolo XII da Ibn Badja di Saragozza, il quale proponeva l'abolizione degli epicicli; e su quelle di Ibn Tofeil di Granata e del suo discepolo Alpetragio, i quali, aboliti anche gli eccentri,

ritornarono a dottrina puramente omocentrica. Anche Averroè non era soddisfatto delle ipotesi tolemaiche. In Oriente Nassir-Eddin (secolo XIII) immaginò un suo proprio sistema composto di sfere centrate ed eccentriche in tanto numero e con movimenti così complicati, da non potersi certamente considerare come un progresso rispetto alle ipotesi dell'Almagesto. Nessuno però di questi elaborò completamente le proprie teorie, e le condusse al punto da derivarne un calcolo della posizione degli astri e da cimentarle colle osservazioni. Lo stesso dicesi dei sistemi omocentrici esposti dal Fracastoro e da G. B. Amici ancora nel secolo XVI, dei quali pure il nostro autore cerca di dare qualche idea. Tutti questi tentativi di riforma nulla hanno giovato a rettificar le idee, anzi devono considerarsi come inutili al progresso della scienza vera. Tutti caddero presto in dimenticanza, come frutti disseccati prima di giungere a maturazione.

I quattro ultimi capitoli dell'opera sono consacrati ad esporre ciò che giustamente fu chiamato la *Riforma dell'Astronomia*. Questa riforma fu opera di una serie di grandi uomini, i quali si succedettero sulla scena nell'ordine e nel tempo in cui il concorso di ciascuno era più necessario. Copernico aveva bensì dimostrato, che coll'ipotesi eliocentrica era possibile rappresentare i fenomeni con precisione uguale od anzi superiore a quella dell'Almagesto; ma per raggiungere questo intento non ebbe altri strumenti a sua disposizione, che gli eccentri e gli epicicli degli antichi. La maggior semplicità della sua costruzione non era quindi così evidente come apparve più tardi; ondo fu detto giustamente che Copernico in realtà era assai più ricco di quanto egli stesso credesse. Era inoltre questa costruzione aggravata da varie complicazioni inutili, non ultima delle quali era l'introduzione di ipotesi speciali per spiegare il fenomeno affatto immaginario della *trepidazione*. Nè il grado di precisione delle tavole copernicane superava di molto quello delle tavole precedenti; ciò non tanto per vizio inerente alla teoria, quanto perchè fondate sopra osservazioni troppo scarse di numero e troppo manchevoli dal lato della precisione. Ma pochi anni dopo Copernico venne Tycho Brahe coi suoi grandi ed accurati istrumenti a preparare quel materiale di osservazioni copiose ed esatte, quale appunto il momento richiedeva; e fortuna volle, che questo materiale al mancar di Ticone fosse affidato alle mani di quel raro geometra

e raro calcolatore, che fu Giovanni Keplero; il cui genio fu altrettanto fertile nel creare nuove ipotesi, quanto sagace ed imparziale nel farne l'esame critico e nel porle a cimento colle osservazioni. Egli fu, che dei moti planetari trovò finalmente la genuina espressione geometrica, quella che al suo tempo sola poteva considerarsi come conforme al vero. Alle leggi puramente geometriche di Keplero mancava ancora il principio fisico-meccanico. Allora venne Galileo a mostrare coll'esempio, in qual modo si deve procedere all'analisi del moto; egli stabilì i principi fondamentali della dinamica, partendo dai quali, pochi anni dopo Galileo, Newton coronò l'edifizio colla sua teoria della gravitazione, fondamento anche oggi ed in avvenire di tutta la scienza dei movimenti celesti. Tutto questo fu lavoro di un secolo e mezzo, trascorso dall'anno 1532, in cui Copernico compiva il suo libro *De revolutionibus corporum coelestium*, all'anno 1687, in cui Newton pubblicò la prima edizione dei *Philosophiae naturalis Principia mathematica.*

Le linee generali di questa stupenda epopea scientifica son conosciute, e sarebbe inutile farne qui una rassegna inevitabilmente troppo breve ed incompleta. Il lettore troverà nel libro di Dreyer, esposte con piena e sicura cognizione dei fatti e con equo giudizio, le vicende, i trionfi ed i contrasti, e l'ultima finale vittoria delle verità sostenute da quegli atleti del pensiero. A partir da quell'epoca la nostra conoscenza del sistema planetario, benchè non ancora completa in tutti i particolari, ha raggiunto tuttavia il più alto grado di certezza che nelle scienze fisiche è possibile desiderare; i suoi principi sono stabiliti in modo incontrastabile. Ma lo svolgimento di tali principi e la loro applicazione a tutte le parti del sistema continuò ad occupare i matematici dei secoli XVIII e XIX. e non si può dire che sia pienamente compiuta anche adesso. Dapprima furono arrolate sotto le bandiere della gravitazione anche le comete, e più tardi le stelle cadenti. Diversi fenomeni minori, dei quali prima di Newton nessuno avrebbe sospettato la causa, quali il moto dei nodi lunari, quello degli apsidi lunari e solari, le maggiori ineguaglianze del moto della Luna, la precessione degli equinozi, il flusso e riflusso del mare, si mostrarono quali pure e semplici conseguenze del principio della gravitazione. Questo principio fu poi la radice di una quantità d'altre scoperte di fatti grandissimi prima neppur sospettati, quali per esempio la figura sferoidale della Terra

e dei corpi celesti, le perturbazioni periodiche e secolari dei pianeti e dei loro satelliti.

Non parlo delle scoperte di Urano, di Nettuno, dei piccoli pianeti, e di tanti satelliti nuovi; le quali hanno dato e daranno materia a calcoli laboriosi ed al perfezionamento degli sviluppi matematici della teoria, ma nulla aggiungeranno ai fatti fondamentali che ne sono la base.

Con Newton lo studio del sistema planetario ha cambiato natura; la storia dei suoi ulteriori svolgimenti richiede altro genere di esposizione. L'autore quindi con buona ragione ha fissato alla scoperta della gravitazione il termine del suo racconto [1]. Il quale del resto procede dovunque con quella perspicua sobrietà e con quella nobile semplicità che si addice ad un tale argomento. Concludo la mia recensione coll'esprimere il desiderio, che di questo libro, tanto eccellente per la sostanza e per la forma, si faccia presto una traduzione italiana.

---

[1] La storia della gravitazione universale da Newton in poi si trova esposta da LAPLACE nei libri XI XVI della sua *Meccanica Celeste* per l'intervallo che comprende i lavori di Newton e dei suoi successori del secolo XVIII, compresi Lagrange e Laplace. GRANT, nella sua *History of the Physical Astronomy*, ha trattato tutto l'intervallo di quasi 200 anni, che comincia con Newton e si chiude coi lavori di Leverrier.

XIX.

ALBATENIO

Questa rassegna bibliografica dell'opera del Nallino su Albatenio uscì tradotta in lingua tedesca nel periodico di astronomia popolare Das Weltall *(4. Jahrg. Heft 21. Berlino, 1904, p. 394 e seg.). Come ho già avuto occasione di dire nelle* Avvertenze *premesse agli scritti sulle osservazioni babilonesi di Venere e di Marte, anch'essi pubblicati in tedesco in quel periodico, invano procurai di ottenere dalla direzione del Weltall, almeno in copia, l'autografo su cui era stata condotta la versione tedesca; di modo che, volendo pur dare qui il testo italiano, non posso far altro che riprodurre la minuta esistente tra le carte dello Schiaparelli. Questa minuta corrisponde quasi in tutto alla versione data dal Weltall, e però è da ritenersi conforme al testo approvato dall'autore. Dove nella minuta sono lacune o varianti ho sempre seguito la lezione della versione tedesca, che rappresenta per noi la redazione definitiva del lavoro.*

A. S.

Il signor C. A. Nallino, professore di lingua e lettere arabe nell' università di Palermo, ha ormai quasi compiuto la nuova edizione di Albatenio alla quale lavorava da dieci anni. Il testo arabico è stato pubblicato fin dal 1899. Nel 1903 è uscita la versione latina con un introduzione e con numerose annotazioni. Il volume delle tavole astronomiche, l'ultimo dell'opera, è in gran parte stampato, e verrà in luce fra non molto tempo [1]. Con questo suo lavoro il Nallino non solo ha salvato quanto dell' opera astronomica di Albatenio si poteva ancora salvare, ma ha posto un degno monumento ai meriti di quest' astronomo che la posterità sembrava avesse un po' dimenticato. Molte cose prima ignorate, o non esattamente conosciute, concernenti in generale l' astronomia degli Arabi e in ispecie quella d'Albatenio, son venute in luce; la storia della scienza è stata in molti punti rischiarata e in alcuni anche ha ricevuto importanti rettificazioni.

Abu Abdallah Mohammed figlio di Geber, figlio di Sinan, nacque verso la metà del secolo nono nei dintorni di Harran nella Mesopotamia occidentale, e secondo alcuni dei suoi biografi, in un villaggio di quel paese chiamato Battan; onde sarebbe a lui venuto il nome di Al-Battani, che poi fu dagli scrittori d' Occidente latinizzato in Albatenius od anche corrotto in Albategnius o Albategni. Si crede che suo padre fosse quel medesimo Geber figlio di Sinan, il cui nome ci fu conservato

[1] Il titolo preciso è: *Al-Battani sive Albatenii Opus Astronomicum. Ad fidem Codicis Escurialensis arabice editum, latine versum, adnotationibus instructum a Carolo Alphonso Nallino. Mediolani Insubrum*, 1899, 1903, 1907. 3 vol. 4°. (Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano, n. XL. Parte I, II, III).

dalla fama come quello di un celebre meccanico e costruttore di strumenti astronomici. Questa circostanza ha probabilmente influito nel determinare la carriera e gli studi avvenire del giovane Albatenio. Checchè sia di questo, egli cominciò le sue osservazioni astronomiche nell'anno dell'Egira 264 (877-878 di Cristo), e li continuò fino all'anno 306 (918-919 di Cristo) con sì felice successo che uno dei suoi biografi lasciò scritto « nessuno dei Musulmani aver uguagliato Albatenio nell'osservazione esatta degli astri e nell'indagine accurata dei loro movimenti ». Egli fece la maggior parte delle sue osservazioni nella città di Rakkah sull'Eufrate, allora assai florida, oggi quasi deserta: anche le sue tavole astronomiche sono calcolate pel meridiano di quella città, dove sembra abbia trascorso quasi tutta l'esistenza. Però alcune osservazioni d'eclissi furono fatte da lui in Antiochia nei mesi di gennaio e di agosto 901.

Nell'anno dell'Egira 317 (929-930 di Cristo) andò con altri inviati in missione a Bagdad per ripetere dal califfo l'importo di tributi che eran stati fatti pagare ingiustamente ad una parte dei cittadini di Rakkah. Durante il ritorno morì, certo in età piuttosto avanzata. Dall'aver egli partecipato a questa missione noi possiamo argomentare che fosse considerato come uno dei principali cittadini di Rakkah; niente però giustifica la notizia molto divulgata presso gli scrittori occidentali che Albatenio fosse un principe o per lo meno investito di qualche importante comando. Si ha tuttavia ragione di credere che già da vivo godesse presso i contemporanei di quella fama che ne rese poi così onorato il nome presso la posterità in occidente non meno che in oriente.

Al pari del suo grande esemplare Tolomeo, Albatenio era persuaso della verità dell'astrologia. Già nella sua opera principale si trovano alcuni capitoli concernenti la risoluzione di problemi geometrici occorrenti nella pratica astrologica di quei tempi. Di simili questioni pare abbia trattato in altri libri oggi perduti, dei quali si sono conservati solo i titoli: *Liber cognitionis ascensionum signorum in spatiis inter sphaerae cœlestis quartas; Epistola de verificatione quantitatum applicationum; Commentarius in Ptolemaei Quadripartitum.* Sembra però che Albatenio s'interessasse soltanto alla parte geometrica di tali materie. Passeremo sopra i titoli di alcune altre opere, che in vari tempi e da vari scrittori furono erroneamente attribuite ad Albatenio, rimandando il lettore alla prefazione del Nallino

da cui abbiamo desunto la maggior parte di queste indicazioni, e verremo senza più alla sua grande opera astronomica, che sola sopravvisse in qualche modo alla forza distruggitrice del tempo. Ho detto in qualche modo; ma certamente non nel modo che avrebbe desiderato il suo autore, nè in quello che avremmo desiderato noi.

Nell' unico manoscritto che se ne conserva, il titolo dell' opera è andato perduto. Dai più antichi scrittori arabi che ne fanno parola essa è designata col nome di *zig Albattani*. Come spiega il Nallino, gli astronomi arabi solevano chiamare *zig* « *libros, qui cosmographiae elementis plerumque omissis, astronomiae sphaericae doctrinas altiores calculorumque cœlestium rationes exponant, atque omnes necessarias tabulas complectantur* ». Una specie di *Syntaxis Mathematica* dunque, sul modello di Tolomeo; nella quale però spesso le parti teoretiche e dimostrative sono ridotte al minimum, mentre pieno sviluppo si dà alla pratica dei calcoli ed alle tavole che devono servire alla loro esecuzione. L'opera di Albatenio consta infatti di due parti: la prima è un'esposizione compiuta, ma succinta, dei principali problemi astronomici e dei fondamenti su cui si appoggian le tavole; la seconda comprende le tavole medesime, che per disposizione ingegnosa, per ricchezza di dati e facilità di uso, superano quanto si era fatto fino a quel tempo. Questa seconda parte, benchè contenga dati importanti che mancano alla prima, è rimasta fino ad oggi inedita, ed è un dono totalmente nuovo che il professor Nallino fa agli astronomi ed agli studiosi delle scienze orientali. Noi possiamo adesso farci un' idea precisa dell' insieme dei lavori astronomici di Albatenio, ed anche rettificare alcune affermazioni non esatte che da più secoli corrono sopra di lui.

La ragione che lo indusse a scrivere la sua opera, è da lui esposta nell' introduzione in questi termini:

« Da molti anni essendomi occupato dell' astronomia ed avendo speso assai tempo nel suo studio, ho osservato numerose differenze nei libri che trattano dei movimenti celesti, ed anche ho veduto che alcuni autori hanno errato nello stabilirne i fondamenti. Perciò dopo lunga riflessione ho pensato di correggere e di stabilir meglio tutte queste cose, usando del modo tenuto da Tolomeo nel suo libro dell' Almagesto, camminando sulle sue orme e seguendo i suoi precetti. Avendo egli infatti diligentemente esaminato tutta questa materia e dimostrate le

cause di tutti i fenomeni con prove che non lasciano luogo ad alcun dubbio, esortò anche gli altri ad osservare e ad investigare dopo di lui, dicendo non esser impossibile che col tempo alcuno aggiunga qualche cosa alle osservazioni sue, sì com' egli alcune cose aggiunse agli studi d' Ipparco e di altri. Tanta infatti è la maestà di questa scienza ampia e celeste, che nessuno la può tutta intiera abbracciare esattamente. Perciò ho composto questo libro, nel quale, spiegando le cose difficili e i principi astrusi della scienza, ne resi agevole la via a quelli che vorranno studiarla e seguirla. Ho corretto i luoghi ed i movimenti degli astri nell' eclittica come ho trovato dall' osservazione, dal calcolo delle eclissi e da altre adatte operazioni, ed ho aggiunto altre cose necessarie. Per trovare i luoghi degli astri ho aggiunto le tavole, adattate al meridiano di Rakkah, nella quale furon fatte le osservazioni occorrenti a determinare tutto ciò. E così sia, a Dio piacendo; perchè soltanto presso Dio possiamo trovare aiuto ».

Al pari di molti altri astronomi arabi, Albatenio fece uso di strumenti assai più grandi e più perfetti di quelli di cui si ha memoria presso i Greci. Se è vero ch' egli fosse figlio di un celebre meccanico, non gli sarà mancata l' occasione di addestrarsi molto bene nel maneggio degli strumenti, se non forse nella loro stessa costruzione. Per le altezze meridiane sembra che lo strumento da lui preferito fosse l'*Alhidada longa* ossia il triquetro parallattico al modo di Tolomeo, equivalente, com' egli assicura, ad un circolo del diametro di 10 cubiti. Inoltre egli si serviva di un quadrante murale del raggio di due cubiti. Il tempo egli lo determinava di notte coll' altezza di stelle conosciute, di giorno coll' aiuto di un orologio orizzontale o verticale. Dell' abilità sua nell' inventare nuovi strumenti è documento notevole l' elegante astrolabio munito di globo celeste, che è descritto da p. 139 a p. 141 e figurato a p. 320. Con questi apparati così perfetti non solo Albatenio superò di gran lunga i Greci in precisione, ma riuscì a determinazioni anche più esatte che quelle degli astronomi del califfo Almamun, le quali non sembra fossero conosciute da lui, sebbene precedessero le sue di mezzo secolo soltanto. Mediante le altezze meridiane del Sole misurate al triquetro determinò l' obliquità dell' eclittica in 23° 35', la quale, riferita all' anno 880 non dà che un errore di 26" rispetto al calcolo dei moderni. Ancora col medesimo strumento egli riuscì a determinare gli equinozi entro una o due ore di tempo. La

durata dell'anno da lui stabilita servì come punto di partenza nelle discussioni che durante il Medio Evo si fecero per arrivare alla riforma del calendario giuliano; e gl'intervalli che egli determinò fra le epoche degli equinozi e quelle dei solstizi lo condussero ad una cognizione dell'orbita solare molto più approssimata al vero che non fosse quella dei Greci. Tolomeo e tutti gli astronomi greci avevan creduto che il perigeo solare fosse immobile rispetto agli equinozi e non partecipasse al moto di precessione. Albatenio rettificò questo errore. Le sue determinazioni dei punti equinoziali, comparate con quelle di Menelao fatte 782 anni avanti, lo posero in grado di sostituire al valore di Tolomeo di 36″ il valore molto più esatto di 54″ 33‴.

Tutte queste novità che l'esperienza ulteriore ha ratificato, mostrano qual valore avesse Albatenio come astronomo pratico, mentre nella teoria seguì Tolomeo in ogni cosa, limitandosi solo a migliorare qua e là alcune costanti. Albatenio però fece della trigonometria un uso assai più libero ed accorto che Tolomeo. Il suo libro è pieno di problemi di astronomia sferica, per la cui soluzione egli si serve frequentemente della proiezione ortografica, giungendo così ad una formula di cui nessuno si era valso prima di lui. Nei calcoli egli fa uso del seno, del coseno e del seno verso: le tangenti e le cotangenti non compaiono nelle sue tavole che come lunghezze d'ombra di un gnomone di data lunghezza. Una novità interessante per la storia della trigonometria è nel 26° capitolo la soluzione da lui trovata del problema di risolvere il triangolo sferico, dati un angolo e i due lati adiacenti. Nella traduzione di Platone Tiburtino, la sola che fosse nota agli astronomi fino ad oggi, questa parte era affatto guasta ed inintelligibile, così da dare ingiustamente origine a critiche di Regiomontano e di Delambre, che colla nuova interpretazione non hanno più ragione di essere. Anzi la trattazione di Albatenio, fondata sopra l'uso della proiezione ortografica, è ingegnosa ed interessante, e costituisce ora uno degli ornamenti più belli della nuova edizione.

Albatenio fece della sua opera due edizioni, una prima e l'altra dopo l'anno 901 di Cristo. Noi possediamo la seconda, alla quale soltanto si riferiscono i numerosi passi che il Nallino ha potuto rintracciare presso gli scrittori arabi. Del testo arabico non esiste più che un solo esemplare nella biblioteca dell'Escuriale, che il Nallino giudica esser stato scritto alla fine del secolo XI o al principio del XII. Contiene tutta intiera l'opera, testo e tavole, senza alcun titolo nè sottoscrizione.

Esso è stato trascritto da altro codice corrotto ed interpolato, il cui autore, avendo sott' occhio un esemplare guasto e manchevole, aveva tentato di correggere gli errori e di supplire le lacune. Fortunatamente (dice il Nallino) era costui un uomo assai imperito delle matematiche, onde le sue così dette correzioni e i suoi supplementi si possono sempre facilmente distinguere dal vero testo di Albatenio [1]. Molti errori del codice dell' Escuriale non si devono attribuire a sviste del copista, ma a temerarie emendazioni di lui, il quale qua e là ha anche aggiunto di suo capo, e talvolta guastò l' esposizione di Albatenio per farla concordare con una figura male disegnata. Gli errori che tanto frequentemente occorrono nello scritto, si accumulano nelle tavole a segno da contarsi per migliaia, cosicchè purificare queste stalle d' Augia non fu la fatica minore dell' edizione presente.

Dell' opera di Albatenio si fecero nel medioevo tre versioni. Di una compiuta in latino da *Robertus Catanens Retinensis* verso la fine del XII secolo, non esiste più alcuna traccia, e non pare che essa sia stata mai molto conosciuta.

Notissima invece fu la versione latina fatta da Platone Tiburtino verso la medesima epoca, della quale non solo si hanno esemplari manoscritti in varie biblioteche d' Europa, ma anche un' edizione stampata a Norimberga nel 1537, e riprodotta a Bologna nel 1645 con qualche errore di più. Questa versione è la fonte da cui principalmente derivò la cognizione che gli astronomi d' Europa ebbero finora dell' opera di Albatenio: essa contiene soltanto la parte dottrinale; le tavole astronomiche mancano intieramente, così nei manoscritti come nelle edizioni stampate. L' esemplare di cui si valse Platone deriva dal medesimo archetipo dal quale fu tratto il codice dell' Escuriale, e contiene gli stessi errori e le stesse interpolazioni. Altri errori e difetti vanno ascritti al traduttore, il quale non era abbastanza perito della lingua arabica nè abbastanza istrutto delle cose astronomiche, sicchè in molti luoghi la versione riuscì affatto inintelligibile. A decifrarne il senso impiegarono (e non sempre felicemente) le loro fatiche tre insigni astronomi, Regiomontano, Halley e Delambre, il cui compito era reso anche più difficile dall' assenza delle tavole astronomiche.

[1] Il maggiore e il più strano di tali supplementi si trova nel cap. 25, che Delambre, malgrado il suo acume e la sua abilità in trigonometria, si affaticò invano a chiarire.

Di una terza versione in lingua spagnuola, fatta per ordine di Alfonso X di Castiglia esiste a Parigi nella biblioteca dell' Arsenale un codice della fine del secolo XIII, il quale comprende solo i primi XXVI capitoli della parte dottrinale, ma contiene in compenso le tavole astronomiche. Anche questa deriva dalla medesima corrotta fonte da cui provengono il codice dell' Escuriale e la versione di Platone; anzi il Nallino sospetta che il suo testo sia semplicemente una riproduzione in spagnuolo della versione latina di Platone.

Sopra un materiale così imperfetto il Nallino ha dovuto fare la sua edizione. Del testo arabico si può dire ch' egli ha salvato tutto quello che si poteva ancora salvare. Ormai non sarà più possibile che per incendio o altra disgrazia esso sia irrevocabilmente distrutto. Ma forse meglio che nel guasto originale. Albatenio potrà ora esser letto e compreso nella nuova versione latina e nelle copiose annotazioni che l'accompagnano, mentre l' introduzione del primo volume ci istruisce compiutamente sulla vita di Albatenio, sulle diverse edizioni dell' opera sua, sugli studi che vi spesero intorno Regiomontano, Halley e Delambre. La perfetta cognizione non solo della lingua, ma anche della materia, ha permesso all' editore di portare quasi dappertutto la luce necessaria: solo pochi punti secondari sono rimasti senza spiegazione. A questo risultato ha pure contribuito in parte uno studio accurato dell' Almagesto, con cui l' opera di Albatenio offre tanti punti di contatto; ma più ancora l' immensa copia di notizie che il Nallino ha saputo trarre a modo di confronto e di illustrazione dai libri astronomici degli Orientali e specialmente dagli Arabi, così editi come manoscritti. Al pari dell'*Alfergano* del Golius, questo Albatenio sarà un vero tesoro di erudizione necessario a consultarsi per tutti quelli che avranno da scrivere sopra l'astronomia degli Arabi. Il Nallino però è stato più fortunato del Golius in questo, che ha potuto condurre la propria opera a compimento, mentre il Golius ha lasciato la sua imperfetta. Il professor Nallino è ancor giovine e forte, cosicchè noi possiamo sperare di apprendere da lui ancor molto intorno all'astronomia degli Arabi.

— —

XX.

STUDI GRECO-INDIANI

DEL

PROF. M. CANTOR DI HEIDELBERG

Tradotti in italiano sul manoscritto originale da G. SCHIAPARELLI

Dai Rendiconti *del Reale Istituto Lombardo. Serie II, Vol. IX. Milano, 1876. Nella adunanza del 9 novembre 1876 l' Istituto Lombardo decise di pregare il socio corrispondente M. Cantor perchè procurasse una traduzione dei* Gräko-indische Studien *che aveva mandato per l' inserzione nei* Rendiconti. *Lo Schiaparelli la fece egli stesso e la presentò all' Istituto nella adunanza del 28 dicembre 1876. Tale traduzione è compresa nella presente raccolta, sia perchè la si deve allo Schiaparelli, sia perchè è da ritenere che esprima anche il pensiero di lui sull' argomento.*

Nell' originale tedesco lo studio del Cantor fu stampato nella Historisch-literarische Abtheilung der Zeitschrift für Mathematik und Physik. *XXII Jahrgang. Leipzig. 1877.*

L. G.

Diverso è il grado di cognizione che abbiamo della lingua e della letteratura greca ed indiana. Da più di quattro secoli lo studio del greco ha preso radice nelle scuole d'Europa, così che pochi fra i cultori delle scienze ne sono intieramente digiuni; invece da poco più d'un secolo il sanscrito ha chiamato a se l'attenzione di un limitato numero di dotti specialisti. La letteratura dei Greci ci fu tramandata in opere di provata antichità, delle quali per lo più è possibile fissare la data entro pochi decenni; quella degli Indiani, come oggi la conosciamo, ci presenta una massa di scritti, o di epoca comparativamente moderna, o di tempo incerto nei limiti di più secoli. In mezzo a queste difficoltà, che solo accenniamo leggermente, il paragone della letteratura greca coll'indiana è qualche cosa di mal sicuro, e tuttavia è troppo importante perchè sia permesso di trascurarlo affatto.

La possibilità di un influsso reciproco delle antiche culture greca ed indiana si deve oggi ritener come dimostrata. Già nel secolo XVII prima di Cristo troviamo in un testo egiziano chiamata *Kafu* la scimia in corrispondenza coll'indiano *Kapi* (1). Il nome *tuki*, impiegato dagli Ebrei del tempo di Salomone per designare il pappagallo, appartiene alla lingua tamulica (2). Questi sono indizi di antichissime relazioni fra l'India e l'Egitto, fra l'India e le Fenicia. Le spedizioni d'Alessandro.

(1) Alb. Weber, *Akademische Vorlesungen über indische Literaturgeschichte*. 2ª Auflage (Berlin, 1876), p. 3 nota 2. Citeremo sempre quest'opera coll'abbreviazione: Weber, *Literaturgesch.* Le nostre trascrizioni di parole sanscritte saranno sempre fatte secondo le regole osservate dal Weber.

(2) Burnell, *Elements of South. Indian Paleography* (Mangalore, 1874), p. 5, nota 1.

nel IV secolo prima di Cristo, condussero i Greci a contatto diretto cogli Indiani. Da quel tempo non solo l'India si trovò connessa coi domini greci dell'Asia, ma cominciarono e durarono per secoli le sue relazioni coi Greci d'Alessandria e più tardi con Roma [1]. Apollonio di Tiana, intorno al 50 dell'èra volgare, è pieno di elogi intorno al sapere indiano, e d'altra parte s'incontrano non di raro nomi greci in iscrizioni indiane, sebbene talmente corrotti, da farci meravigliare, per esempio, dell'acutezza di chi seppe in *Turamaya* riconoscere il nome del re Tolomeo.

Ma se in qualche parte può dirsi generalmente vera la proposizione filosofica, che tuttociò che è possibile è anche reale, gli è appunto nella storia degl'influssi esercitati dai popoli sulle loro reciproche culture, sia per mezzo di amicizia o d'inimicizia. Si potrebbe affermare *a priori*, che i Greci e gl'Indiani *dovevano* influire gli uni sugli altri. Or questa azione si può essa rintracciare anche nella letteratura matematica? Ha camminato la civiltà anche in questo, come in tanti altri casi, da levante a ponente, secondo il corso quotidiano del Sole, o piuttosto non ha forse qui luogo un'eccezione a tale regola?

Non è la prima volta che si pongono tali questioni, e se tutto non cospira ad ingannarci, sembra che per dar loro adequata risposta convenga dividerle. Si deve, cioè, esattamente ricercare *in quali parti* delle matematiche pure ed applicate si riscontra similitudine fra gli scritti dei Greci e quelli degl'Indiani; si deve inoltre investigare, se le analogie sian di tal natura da doversi dichiarare piuttosto per mezzo di comunicazione reciproca, anzichè per mezzo d'invenzione separata ed indipendente.

Lo scopo di questa memoria è di eccitare le persone competenti ad una discussione comprensiva di tale argomento. A tal fine vogliamo qui passare in rivista alcune delle sopradette similitudini, che si riscontrano nell'astronomia, nell'astrologia e nel calcolo matematico delle due nazioni, arrestandoci alquanto più nella parte geometrica del loro sapere, sulla quale avremo occasione di fare alcune annotazioni su cose, per quanto sappiamo, non ancora avvertite.

(1) WEBER, *Literaturgesch.*, p. 269 e seg. Cfr. ancora H. HANKEL, *Zur Geschichte der Mathematik im Alterthum und Mittelalter* (Leipzig, 1874), pp. 176 178. Quest'ultima opera sarà da noi citata col titolo: *Hankel*.

Che qui si mettano in un fascio l'*astronomia* e l'*astrologia*, non offenderà gli astronomi dei nostri giorni. Non son molti anni, da che l'astrologia ha cessato di esser considerata come una scienza; e durante il lungo suo regno non ha mai rinnegato il suo vincolo coll'astronomia, che anzi sino a un certo punto usavasi considerare come la propedentica di quella [1]. La cognizione di certe stelle, e le loro osservazioni dovettero certamente precedere la discussione sulle influenze dei vari astri e sul significato di questa o di quella costellazione. Così nacque l'astrologia, come sorella più giovane dell'astronomia: più seducente e meno severa di questa, trovò più numerosi e più appassionati cultori. Onde nulla ci meravigliamo che, per esempio, si siano conservate le opere astrologiche di Varàhamihira [2], scrittore indiano del VI secolo di Cristo, mentre andò perduta la sua opera astronomica [3].

Appunto presso Varàhamihira già fin dalla metà del passato secolo aveva il P. Pons notato le parole *horâ* e *kendra*, e raffrontatele con ὥρα e κέντρον [4]. Veramente non dappertutto, dove occorre, è impiegata la parola *kendra* per designare il centro di un circolo. Nel *Sûrya Siddhânta*, opera di cui si è servito Varàhamihira, e che quindi è a questo anteriore [5], è impiegato *kendra* per significare la distanza di un pianeta da un centro di perturbazione [6]. Gioverà forse qui ricordare che presso Euclide la distanza da un centro, cioè il raggio, vien denominata ἡ ἐκ κέντρου, e che nei manoscritti greci la stessa sigla abbreviativa (un piccolo circolo con un punto centrale)

(1) Questo pensiero, certamente giusto, è stato espresso da A. H. Sayce, a proposito dell'antichissima astrologia dei Babilonesi.

(2) Varahamihira morì nel 587 di Cristo, secondo relazioni di Amarâja. Bhatta Utpala mette il suo fiorire dopo il 505. Cfr. Bhau Daji, *On the age and authenticity of the works of Aryabhata, Varâhamihira, Brahmagupta, Bhattotpala and Bhaskarâcârya*, nel *Journal of the Asiatic Society*, New Series I (Londra, 1865), pp. 392-418.

(3) *Journal of the American Oriental Society*, vol. VI (New Haven, 1860), p. 317 della traduzione del *Sûrya Siddhânta* fatta da Burgess con annotazioni di Whitney.

(4) Weber, *Literaturgesch.*, p. 273.

(5) *Sûrya Siddhânta*, p. 421.

(6) *Sûrya Siddhânta*, p. 202. Ivi, p. 215, la notizia, che *kendra* significhi anche, specialmente presso i commentatori, centro d'un circolo. Ivi pure, p. 178, *horâ* = ὥρα.

ora si deve leggere κυκλος, ora κέντρον [1], così che questo doppio significato del *kendra* nulla prova contro la sua derivazione dal greco [2]. Veramente ha la greca lingua colla sanscrita tal parentela d'origine, da render possibile anche questa similitudine di vocaboli senza ammettere una posteriore comunicazione; ma qui sembra necessario supporre questa comunicazione. Il greco κέντρον significa originariamente una *punta*, onde si può senza violenza estenderne il significato al *punto* o foro fatto con quella. Al contrario, non si conosce alcuna derivazione dell'indico *kendra*. Simile è il caso di *liptà* o *liptikâ* [3], nome del *minuto*, del quale nel sancrito non si conosce l'origine, mentre senza difficoltà vi si riconosce il greco λεπτὸν, *frazione*, originariamente il rotto o il ritagliato. Meno dubbia ancora è l'origine greca dei nomi delle costellazioni zodiacali notati fin dal 1827 da Whish presso Varâhamihira; e di altre parole, come *trikona* – τριγωνος, *jâmitra* – διάμετρον, *hibuka* – ὑπογεῖον, ecc. [4].

Con questo sembra dimostrato, che interpolazioni greche occorrono nel *Surya-Siddhânta*, e lo stesso è certamente provato rispetto a Varâhamihira. Il che non vuol poi significare, che prima non abbia già esistito un'astronomia indiana. Al contrario, nessuno ne nega l'esistenza; tutta la questione si risolve in questo, che alcuni credono indigena quell'astronomia primitiva, altri la vogliono derivare dalla China, ed altri finalmente, ai quali noi volentieri ci associamo, dalla Babilonide. Da quest'ultimo luogo certamente derivano le frazioni sessagesimali tanto degli Indiani che dei Greci; cosicchè, a dirla subito, dall'uso comune di quelle frazioni nulla si potrebbe arguire rispetto ad una comunicazione diretta fra Greci ed Indiani.

Qual'è l'epoca di quel libro più antico, del *Surya-Siddhânta?* A questo dobbiamo dar la risposta, che tante volte occorre nelle questioni di cronologia indiana: *non lo sappiamo*

(1) Heronis Alexandrini, *Geometricorum et Stereometricorum reliquiae* (ed. Hultsch, Berlin, 1864).

(2) Una assai notevole analogia offre anche il noto trattato di Giovanni Widmann da Eger, nel quale occorre questo passo: « Das centrum das ist die Zall dia do ist von centrusz bisz in winckel ». (Il centro è il numero *esprimente la distanza* che vi è dal centro fino all'angolo).

(3) *Surya Siddhânta*, p. 158.

(4) Weber, *Literaturgesch.*, p. 272.

con precisione. L'opinione ch'esso appartenga al IV o al V secolo [1], sembra appoggiarsi alla necessità di metterlo almeno uno o due secoli prima di Varâhamihira, e alla convenienza di non farlo tuttavia ascendere a tempi anteriori al 200 di Cristo. Quest'ultimo limite fu fissato per mezzo di una ingegnosa congettura. Nel principio dell'opera si dice, che *Sûrya*, il Sole, ne rivelò il contenuto ad *Asura Maya*, il demone Maya, il quale scrisse quanto gli fu rivelato. In questo demone, padre dell'astronomia, ha riconosciuto Weber [2] il nome *Turamaya*, cioè *Ptolemaios*, naturalmente nessuno dei re di tal nome, ma l'astronomo alessandrino del II secolo di Cristo.

L'apparente temerità di questa congettura è molto diminuita dalla circostanza, che varie tradizioni indiane accennano alla Grecia, o più precisamente ad Alessandria, tutte le volte che vi si tratta delle origini dell'astronomia. Varâhamihira prese i nomi delle costellazioni dagli scritti astrologici di Yavaneçvarâcârya, cioè, del *maestro jonico*; or che i Yavanas siano Ionii o più precisamente Greci è altrettanto certo, quanto che Romaka Pura, sia null'altro che Roma. La città degli Ionii, Yavana Pura, posta circa nel mezzo fra Lanka a Romaka Pura, è nient'altro che Alessandria [3]. E l'astronomo Pauliça, che presso Albîrûnî (scrittore arabo dell'anno 1031) è denominato Paulus al-Yunânî, è stato identificato con Paolo d'Alessandria [4]. Anche della stessa persona del maestro ionico, o come talora è chiamato, dell'antico maestro ionico, pare siansi scoperte felicemente le tracce; un manoscritto infatti lo collega con Mînarâja, che evidentemente è uno degli eroi della mitologia occidentale, forse il *Mene* degli Egiziani, o il *Minos* dei Greci [5].

(1) WEBER, *Literaturgesch.*, p. 266.

(2) *Indische Studien*, II, 243, nella memoria intitolata: *Zur Geschichte der indischen Astrologie.*

(3) *Journal of the Asiatic Society* (London, 1863). XX, p. 386, in una memoria di Kern.

(4) WEBER, *Indische Studien*, II, p. 247. Secondo Schoell, *Geschichte der Griechischen Literatur*, ed. Pinder (Berlino, 1830), III, p. 334, Paolo Alessandrino scrisse (secondo quanto dice egli stesso, nell'anno 378 di Cristo), una introduzione all'astrologia, Εἰσαγωγὴ εἰς τὴν ἀποτελεσματικήν.

(5) V. BROCKHAUS, *Ueber die Algebra des Bhâskara*, nei *Berichte ueber die Verhandlungen der K. Sächs. Gesell. der Wissenschaften zu Leipzig.* Phil. hist. Klasse, 1852, IV, pp. 18-19.

Riassumendo questi fatti, ai quali sarebbe possibile aggiungerne ancor altri [1], risulta che in un'epoca, la quale comincia verso il 200 di Cristo, l'astronomia e l'astrologia alessandrina penetrarono nell'India e vi furono accolte con favore; che nello stesso tempo vi si fecero strada leggende mitiche, riferibili alle suddette scienze, quando pure queste ultime non siano giunte colà anche prima. Non crediamo del resto che sia in contraddizione con questi risultamenti l'ammettere, che l'astronomia alessandrina sia arrivata nell'India anche prima del II secolo; soltanto questa possibilità non è appoggiata ancora da testimonianze positive.

Questo per l'astronomia. Come sta il fatto per la matematica pura? Matematici, nel senso che noi intendiamo, finora non se ne trovarono nella letteratura dell'India. Gli scrittori che furono e sono tuttora studiati, come appartenenti alla matematica degl'Indiani, Aryabhata (nato nel 476), Brahmagupta (nato nel 598), Bhâskarâcârya (nato nel 1114), erano astronomi, ed hanno soltanto consacrato alcuni capitoli dei loro trattati astronomici alle nozioni matematiche, considerate come sussidio della lor scienza. Appena è credibile, che questi scrittori, dei quali il più antico fu quasi contemporaneo di Varâhamihira, ignorassero le fonti greche, a cui questi attingeva; meno credibile ancora è, che conoscendole, non ne abbiano voluto prender notizia, siano pure quei greci scrittori stati più astrologi che astronomi, sia pure che i nominati indiani, dotati com'erano di proprio originale ingegno, non abbiamo voluto abbandonarsi passivamente ed interamente all'influsso dei maestri stranieri. È dunque congettura ben fondata, e della quale può aspettarsi conferma, questa, che la matematica dei Greci abbia lasciato qualche traccia negli scritti di quegli autori indiani.

A dir vero, per ciò che concerne l'aritmetica e l'algebra, non è stato possibile ottenere di ciò la dimostrazione; anzi non senza buona ragione si è dubitato, se un indiano abbia mai potuto in queste materie imparare qualche cosa dai Greci. Esistono veramente alcuni punti di similitudine; equazioni quadratiche si trovano risolute dagli uni e dagli altri; somme

[1] Forse appartiene a questa categoria, per esempio, la cognizione che aveva Aryabhata del movimento rotatorio della terra, su di che però ora qui non occorre pronunziare.

di quadrati e di cubi si trovano presso Brahmagupta [1], e colle stesse formole presso Archimede ed Epafrodito [2]; i così detti problemi di fontane s'incontrano in Bhaskarâcârya non meno che negli scritti eroniani [3]. Tali analogie però non sono nè abbastanza numerose, nè abbastanza caratteristiche perchè possan servire come dimostrazione nel caso presente.

Più dimostrativo sembra un fatto notato dal Woepcke, di memoria non men cara ai matematici, che agli orientalisti [4]. Nel *Lalitavistara*, libro che non è matematico, nè astronomico, nè astrologico, si narra di un esame a cui dovette sottoporsi Budda ancor giovane. In questa occasione egli si mostra calcolatore tanto esperto, da poter assegnare il numero delle *particelle elementari*, che messe l'una in fila dell'altra occupano la lunghezza di un *Yodjana*, cioè, d'uno stadio indiano. Woepcke ha con ragione fatto notare, che il problema rassomiglia tanto a quello dell'*Arenario* d'Archimede, che non si può far a meno di pensare ad una comunicazione. Conferma il Woepcke questa congettura, facendo notare, che nelle misure impiegate così da Archimede, come dal Lalitavistara occorrono il grano di papavero, il dito e lo stadio. Onde egli, ammettendo che il Lalitavistara sia la fonte più antica, ravvisa un influsso della scienza indiana su Archimede. Su di che osserva l'autore delle *Lezioni sulla letteratura indiana* [5]: « L'epoca del Lalitavistara non è fissata con tanta precisione, che non si possa riguardare come possibile anche la supposizione contraria ».

La conclusione di Woepcke non è dunque fuori d'ogni contestazione. Peccato, perchè volentieri noi vi daremmo la nostra adesione. Il modo con cui Archimede comincia il suo discorso, non vi contradirebbe. « Alcuni credono, o re Gelone,

(1) CANTOR, *Die Roemischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst* (Leipzig, 1875), pp. 123 e 127 Citiamo questa monografia sotto il nome: *Agrimensoren*.

(2) Il luogo d'Archimede, che nello scrivere gli *Agrimensoren* c'era sfuggito dalla memoria, si trova nel libro delle *Spirali*, proposizione 10 (ed. Nizze, p. 125 e seg.).

(3) *Agrimensoren*, pp. 58-59.

(4) *Journal Asiatique*, 6e série, tome I (Paris, 1863), p. 352 nello scritto di WOEPCKE intitolato: *Mémoire sur la propagation des chiffres Indiens*.

(5) WEBER, *Literaturgesch.*, p. 274, nota 280, dove si citano gl'*Indische Studien*, VIII, 325-326, e REINAUD, *Mémoire sur l'Inde*, p. 303.

che il numero dei grani di arena sia illimitato. Parlo non già solo della arena che si trova intorno a Siracusa e in tutta la Sicilia, ma anche dell'altra che esiste in tutta la terra abitata ed inabitata. Altri poi non riguardano tal numero, come illimitato, ma dicono non esser mai stato nominato un altro numero maggiore di quello ». In queste parole sembra implicata la confessione, che simili questioni già prima siano state da altri discusse. Archimede non pretende che due cose; l'una è di decider la questione coll'aiuto dei teoremi geometrici relativi al volume della sfera, l'altra è d'impiegare un sistema di progressione numerica già per l'avanti da lui immaginato. Di queste due cose non si trova nel Lalitavistara alcuna ombra. Non vi è dunque contraddizione alcuna.

La congettura di Woepcke sembra anzi favorita da più considerazioni generali. Ci sembra infatti che quel popolo, il quale mostrò sempre un'attitudine speculativa così grande per le meditazioni sui numeri, che secondo l'universale opinione inventò l'aritmetica di posizione (1), che elevò l'algebra ad un punto raggiunto dagli occidentali soltanto nel secolo XVIII, abbia potuto anche fin da principio esser maestro anzichè discepolo. Tale congettura spiega altresì le incontrastabili, eppure enigmatiche tracce di notevoli cognizioni algebraiche presso i Greci di epoche comparativamente rimote (2).

Non vogliam tuttavia tacere una difficoltà che qui si è presentata alla nostra mente. Nelle comparazioni di misure del Lalitavistara occorre frequentemente il rapporto 7; è questo un numero indiano (3)? Esso non è certamente neppur greco. Al più sappiamo da Erodoto, che i Babilonesi, oltre al cubito di 6 palmi avevano anche il cubito reale di 7 palmi. Tutto ben pensato, dobbiamo qui limitarci ad esprimere la speranza che

(1) Nulla importa qui che si ammetta l'idea di Woepcke, secondo cui le cifre *Gobar* sarebbero lettere iniziali dei nomi numerali indiani nel secondo secolo, oppure che, si voglia, come fa il Burchell (luogo citato, pp. 47-48, nota 2), supporre derivate quelle cifre da segni numerali non alfabetici che s'incontrano in iscrizioni d'ipogei appartenenti a quell'epoca.

(2) Più dimostrazioni di ciò si posson vedere nel nostro libro sugli *Agrimensori Romani*.

(3) La proporzione 7 abbiamo incontrato presso gl'Indiani una sol volta presso Bhâskara nel rapporto 1 *dhâtaka* = 14 *collas*. Cfr. l'opera di Colebrooke, *Algebra with Arithmetic and Mensuration from the Sanscrit* (Londra, 1817), p. 2. La qual opera citeremo d'or innanzi brevemente col semplice nome: Colebrooke.

riesca a futuri investigatori di dimostrare perentoriamente quell'influsso greco-indiano nel campo aritmetico-algebrico, che oggi si può piuttosto indovinare, anzichè provare.

Nel campo della geometria si hanno invece ragioni generali per ammettere un influsso dei Greci sugli Indiani. Anche quegli scrittori, come Hankel [1], che più decisamente si sono pronunziati in favore d'uno sviluppo originale nella geometria indiana, sono costretti a concedere, che presso gli Indiani non si trova alcuna traccia di dimostrazioni rigorose e costruttive. Per tutto dov'è possibile, essi si fondano sul calcolo, perdendo affatto d'occhio la base geometrica della questione, la quale non ricomparisce che quando si tratta di concludere. E quando di verità geometriche non si può dare altra dimostrazione, che geometrica, essi si contentano di far appello all'occhio del discente. *Guarda!* essi gli dicono, e questa ispezione deve bastare a mostrar come evidenti congruenze e similitudini di figure. Non sappiamo affatto capire, come per questa strada si potesse arrivare a scoperte geometriche, e meno ancora, come di queste derivazioni algebriche si potessero perdere le tracce presso un popolo così avvezzo alle considerazioni d'algebra. Noi siamo avvezzi a constatare regressi nella scienza tutte le volte ch'essa è venuta a conflitto sia col sentimento popolare, sia colla religione, oppure coi prodotti superstiziosi del sentimento religioso; la storia dell'astronomia offre di ciò numerosi esempi. Ma in una scienza così neutrale rispetto alla religione e a tutto il resto, com'è la geometria, un regresso simile a quello che si può constatare quando da Brahmagupta si scende a Bhâskaràcarya, ci sembra comprensibile soltanto quando si tratti principalmente di nozioni straniere trapiantate in modo non naturale sul terreno indiano.

E del resto noi non siamo i primi a pretendere che la geometria indiana derivi in tutto o almeno in massima parte da Alessandria. Già son più di 20 anni, che Th. H. Martin ha espresso la stessa opinione, nelle sue ricerche sopra Erone alessandrino, alle quali altrove già rendemmo completa giustizia [2]. A ciò egli si vale dell'espressione *linea del vertice*, la

(1) HANKEL, pp. 205-209. Prima di lui avevano sostenuto l'originalità della geometria indiana Libri ed Arneth.

(2) *Mémoires présentés par divers Savants à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*. Série I, tomo IV (Paris, 1854), pp. 161-176.

quale si trova non solamente presso gli Egiziani, e dipendentemente da questi presso Erone e presso i Romani, ma anche presso gli Indiani [1]: della ricorrenza di alcuni speciali triangoli, specialmente dei triangoli rettangoli 3, 4, 5 e 5 12, 13, come pure dell'obbliquangolo 13, 14, 15: della formola $\sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)(s-d)}$ per l'area di un quadrilatero inscrittibile, la quale posto uno dei lati $d=o$, si cambia nella formola data da Erone per l'area di un triangolo qualunque e per la quale egli crede di dover supporre la cognizione presso Erone anche nella forma relativa al quadrilatero.

Hankel ha opposto [2], che l'espressione relativa alla linea pel vertice è talmente naturale, da poter esser stata usata indipendentemente. Questo è certamente possibile, tuttavia è singolare che tanto presso gli Egiziani quanto presso gli Indiani quella denominazione sia stata usata soltanto da geometri calcolatori.

Alquanto più fondate, ma tuttavia non cogenti sono le obbiezioni ch'egli fa rispetto ai tre triangoli razionali. Chi possedeva il teorema di Pitagora, e le formule inservienti alla creazione di triangoli rettangoli razionali

$$c_1 = \alpha^2 - \beta^2 \qquad c_2 = 2\alpha\beta \qquad h = \alpha^2 + \beta^2$$

poteva facilmente giungere ai triangoli rettangoli 3, 4, 5 e 5, 12, 13 col porre prima: $\alpha = 2$, $\beta = 1$ poi $\alpha = 3$, $\beta = 2$. Poteva inoltre il triangolo 3, 4, 5, col prendere una scala tre volte più piccola, o col triplicarne la misura, dare origine all'altro 9, 12, 15. Quest'ultimo applicato al triangolo 5, 12, 13 per il comune cateto 12 dava il triangolo scaleno razionale 13, 14, 15. Bene; ma ciò suppone sempre: 1.° che si conoscesse il teorema di Pitagora; 2.° che si avessero le formule pei triangoli razionali rettangoli; 3.° che si conoscesse il metodo di produrre un nuovo triangolo razionale coll'applicare due triangoli l'uno presso l'altro. Tutte queste supposizioni si verificano, com'è noto, per gli Alessandrini; riguardo alle due prime cose lo si sa da molto tempo, riguardo alla terza abbiam dimostrato noi primi presso Erone d'Alessandria [3], che i suoi *triangoli ret-*

(1) Colebrooke, p. 72.
(2) Hankel, p. 210.
(3) *Agrimensoren*, p. 40 e nota 77.

tangoli adiacenti, τρίγωνα ὀρθογώνια ἡνωμένα, non posson esser intesi in altro senso che in quello della composizione qui sopra indicata di due triangoli razionali per formarne un terzo. Egli è vero, tutte queste tre cose si trovano di nuovo sul terreno dell' India. Dovremo anche qui ammettere due potenze di riflessione distinte, capaci di giungere indipendentemente a due ordini d' idee coincidenti esattamente fin nelle ultime particolarità? Hankel medesimo ha così ben dimostrato (1) che la formula di Brahmagupta per i quadrilateri probabilissimamente è stata proposta soltanto per *trapezi* e per *tetragoni*, che sembra dovuta ad un accidente la validità di quella forma per tutti i quadrilateri inscrittibili. Egli ha riconosciuto nei *trapezi* dei quadrilateri formati appunto da quattro triangoli rettangoli applicati gli uni contro gli altri; nei *tetragoni*, figure da noi oggi denominate *trapezi paralleli simmetrici*. Dovremo ancora qui far notare che appunto questi tetragoni corrispondono al τραπέζιον ἰσοσκελὲς di Erone (2), la figura prediletta degli agrimensori egiziani già prima di Erone?

Nè di maggior peso sembra l' affermazione, con cui Hankel chiude la sua polemica (3): « Come dimostrazione della totale indipendenza, della geometria indiana da Erone si può addurre la formula di quest'ultimo per il calcolo dell'area di un triangolo equilatero $\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{10}\right)a^2$, la quale non si trova presso gl' Indiani, e tuttavia sembra indubitato, che se questi avessero conosciuto in qualunque modo la geometria eroniana, tal formula avrebbe dovuto da essi esser notata a preferenza di qualunque altra ». Noteremo qui anche, per ciò che deve seguire, che la sostanza della formula suddetta dipende dal fare $\frac{1}{4}\sqrt{3}=\frac{1}{3}+\frac{1}{10}$ ossia $\sqrt{3}=\frac{26}{15}$. Per adempire al desiderio di Hankel basterebbe dunque dimostrare che gli Indiani conoscevano questa approssimazione pel valore di $\sqrt{3}$. Ma quanto sapeva Hankel, quanto sapevamo noi tutti qualche tempo fa della geometria indiana, per poter dire apodittica-mente, questo o quel teorema non vi si trova! Ci basterà ricordare alcune indubitate derivazioni della geometria di

(1) HANKEL, pp. 212-215.
(2) *Agrimensoren*, p. 42.
(3) HANKEL, p. 211.

Erone, per esempio la geometria di Epafrodito, di Nipso, dell'Anonimo di Chartres, di Gerberto, presso i quali tutti manca l'accennato teorema del triangolo equilatero. E si vorrebbe per questo credere, che la geometria dei Romani e quella del medio evo sia indipendente da Erone? Ci pare che sia più conveniente studiare quanto si ha, anzichè fantasticare su quello che manca.

Rispetto alla geometria greca ed indiana piuttosto erano da considerare le false formole d'approssimazione degli Egiziani e degli scritti eroniani e degli altri che da questi dipendono, per il calcolo dell'area dei triangoli e dei quadrilateri qualunque: le quali si trovano presso Brahmagupta (1) ed alle quali Martin prestò poca attenzione (2), Hankel nessuna affatto. Con queste formule è collegata un'altra per la cubatura dei solidi (3), nota a tutti lettori di Erone. Piuttosto era da considerare che le aree di cui si assegna la misura presso Brahmagupta e i suoi commentatori per mezzo di linee ausiliarie vengono divise in figure più semplici, precisamente come si usa presso Erone d'Alessandria. Piuttosto era da chiamar l'attenzione sul capitolo: *Misura col mezzo delle ombre*, che si trova presso Brahmagupta (4) e che forma parte essenziale dell'agrimensura derivata dai Greci, fino a Gerberto ed anche dopo di lui.

Gli esempi di coincidenza della geometria greca e dell'indiana si trovano dunque già abbastanza numerosi nei fatti conosciuti a quelli che prima trattarono quest'argomento. Ma dopo il 1875 le nostre notizie sulla geometria indiana si sono notabilmente accresciute. Un giovane dotto tedesco, il dottor G. Thibaut di Heidelberga, ora professore al Collegio di Benares, ebbe la felice idea di cercare tracce della geometria

(1) Colebrooke, p. 295: « The product of half the sides and countersides is the grossarea of a triangle and tetragon ».

(2) Martin (loc. cit. nota 28), p. 176: « Dans ce qui reste de ces compilations grecques on remarque quelques expressions bizarres et des propositions inexactes, qui ne viennent pas d'Héron, mais sans doute des arpenteurs égyptiens. Tout cela se retrouve dans les compilations des Brahmagupta et des Indiens postérieurs ».

(3) Colebrooke, p. 312: « The area deduced from the moieties of the sums of the sides at top and bottom, being multiplied by the depth, is the practical measure of the content. Half the sum of the areas at top and bottom, multiplied by the depth, gives the gross content ».

(4) Colebrooke, p. 317. Section IX, *Measure by shadow*.

indiana in una classe di scritti finora non esaminati sotto quest' aspetto, sebbene Burnell già vi avesse fatto accenno [1].

I riti indiani contengono certe prescrizioni, per adempire le quali colla più scrupolosa esattezza occorrono regole di geometria. Se l'altare non è costruito esattamente secondo la forma prescritta, se un lato non è esattamente perpendicolare ad un altro, se vi è qualche errore nell' orientazione, la divinità non aggradisce il sacrifizio. Idea questa terribile per un Indiano, il quale non vede nel sacrifizio che una specie di contratto formale, una specie di scambio colla divinità, e non può quindi sperare di veder adempiti i suoi desideri, se quella non gradisce l' offerta. Le prescrizioni rituali relative ai sacrifizi si trovano nei così detti *Kalpasutra*, e ad ogni *Kalpasutra* corrispondeva come suddivisione, a quanto pare, un *Çulvasûtra*, che contiene appunto le regole geometriche in questione.

Thibaut ha esaminato tre di questi *Çulvasutra* [2], cui si danno per autori Baudhàyana, Apastamba e Kàtyàyana, e si è mostrato in questa ricerca così esperto matematico e calcolatore, che la storia delle matematiche ha diritto di sperare da lui accrescimenti non meno nuovi che esatti, quand' egli seguendo l' incominciata via continui a cercare traccie di notizie matematiche negli scritti non astronomici della letteratura sanscrita.

Abbiamo già detto, che la forma dell' altare è riguardata come essenziale. Essa ha cambiato, prendendo col tempo diverse figure, che per ogni mente non indiana toccano il ridicolo. Qual europeo può immaginarsi di costruire un altare in forma di un falco o d' un altro uccello, d' una ruota di carro, ecc.? Ma tutte queste forme sono regolate da due leggi matematiche, a ciascuna delle quali corrisponde un gruppo speciale di problemi [3].

(1) BURNELL, *Catalogue of a collection of Sanskrit manuscripts*, p. 29.

(2) *The Çulvasûtras by G. Thibaut, Ph. D. Anglo-Sanscrit professor. Banāras College. Reprinted from the Journal of the Asiatic Society of Bengal.* Part. I, for 1875. Citiamo questo scritto col nome: *Thibaut.*

(3) THIBAUT, p. 5: « The area of every chiti, whatever its shape may be — falcon with curved wings, wheel, praüga, tortoise, etc., — had to be equal to 7 ½ square purushas. On the when hand, when at the second construction of the altar one square purusha to be added to the 7 ½ constituting the first chiti, and when for the third construction 2 square purushas more were required, the shape of the whole, the relative proportions of the single parts had to remain unchanged ».

Se si aggrandisce un altare di data figura, deve la sua forma rimaner identica nelle sue proporzioni. Si deve dunque: 1.° *saper costruire una figura simile ad una data, e avente con quella un rapporto dato di grandezza.*

La superficie dell'altare di dimensioni normali è sempre la stessa; qualunque ne sia la forma. Dunque si deve: 2.° *saper convertire una figura in un'altra di eguale area.*

Rispetto alla prima legge, ricorderemo l'analogo caso che occorre nelle leggende dei Greci anche a proposito di una costruzione religiosa. Già il lettore indovina, che noi vogliamo parlare della *duplicazione del cubo.* Eratostene racconta, aver Minos fatto erigere a Glauco un sepolcro di forma cubica; che avendo egli saputo ogni lato del cubo esser di soli 100 piedi, diede all'architetto l'ordine seguente. espresso in versi da Euripide, tragico:

Μικρὸν γ' ἔλεξας βασιλικοῦ σηκὸν τάφου.
Διπλάσιος ἔστω, τοῦ κύβου δὲ μὴ σφαλῆς.

Piccola di troppo hai fatto la regïa tomba,
Doppia la voglio. Nè manchi la forma di cubo.

Un problema affatto simile. continua Eratostene, fu proposto ai Delii, quando cercavano il modo di liberarsi da una peste sopravvenuta. L'oracolo disse che essi dovevano raddoppiare l'altare di Apolline senza mutarne la forma; ond'essi mandarono a chiedere ai geometri della scuola di Platone nell'Academia le regole necessarie per eseguir quella operazione. Di queste leggende, la più recente è di epoca abbastanza facile a determinare, compresa cioè tra Platone (429-348) ed Eratostene (276-194), più vicina però al primo: cade dunque nella 2ª metà del IV secolo prima di G. C. La più antica è in ogni caso anteriore ad Euripide (485-406), e quindi anteriore almeno di un secolo alla spedizione di Alessandro; essa risale fino a quel re Minos, che, come sopra fu detto, sembra nominato nell'astronomia mitica dell'India.

A quanto si può congetturare dalle ricerche di Thibaut, pare che gl'Indiani si siano contentati di conservare la forma della superfice superiore dell'altare, problema assai più facile: e poichè le superfici simili piane stanno fra loro come i quadrati dei lati omologhi, essi abbisognavano a ciò della sola estrazione di radici quadrate, il che potevano fare. sia col cal-

colo, sia con disegno. Del resto, anche per la similitudine nelle 3 dimensioni il calcolo degli Indiani del VII secolo avrebbe bastato, poichè Brahmagupta sapeva benissimo estrarre la radice cuba [1]. Si potrebbe dunque proporre la questione, se gl' Indiani abbiano considerato il caso di tre dimensioni; ma alla sua decisione mancano i documenti. Vediamo dunque come nei Çulvasûtras si pratica l' estrazione della radice quadrata secondo l' uno e l' altro dei metodi qui or ora accennati.

Per la duplicazione aritmetica delle figure danno Baudhayana ed Apastamba [2] il valore approssimativo

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3.4} - \frac{1}{3.4.34}.$$

Thibaut ha cercato d' indovinare il calcolo che ha dato origine a questo risultamento. Egli immagina, che gl' Indiani avessero formata una tavola dei doppi quadrati dei numeri naturali, per esempio da 1 fino a 20, scrivendo accanto a ciascuno quel quadrato perfetto che più gli si avvicina in valore, come appare dalla seguente tavola:

$2 \times 1^2 = 2$	$4 = 2^2$
$2 \times 2^2 = 8$	$9 = 3^2$
$2 \times 3^2 = 18$	$16 = 4^2$
. . . . .	. . . . .
$2 \times 8^2 = 128$	$121 = 11^2$
$2 \times 9^2 = 162$	$169 = 13^2$
$2 \times 10^2 = 200$	$196 = 14^2$
$2 \times 11^2 = 242$	$256 = 16^2$
$2 \times 12^2 = 288$	$289 = 17^2$
. . . . .	. . . . .
$2 \times 20^2 = 800$	$786 = 28^2$

Da questa lista si riconosceva subito, che prossimamente era $2 \times 12^2 = 17^2$, onde $\sqrt{2} = \frac{17}{12} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3.4}$. Questo valore però era alquanto in eccesso, perchè il quadrato fatto su 17 unità di lunghezza contiene 289 unità di area, invece

(1) Colebrooke, pp. 279-280.
(2) Thibaut, pp. 13-15.

di 288 che dovrebbero essere. Ora l'unità eccedente di area potea immaginarsi ripartita in una lista sottile uniforme, occupante due lati contigui del quadrato. La lunghezza dei 2 lati insieme presi essendo 34, la larghezza di tal lista dovea esser quasi esattamente $\frac{1}{34}$, e togliendola dal quadrato di lato 17 restava un quadrato di lato $17 - \frac{1}{34}$; quindi con molta maggior esattezza $2 \times 12^2 = \left(17 - \frac{1}{34}\right)^2$, che dà

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3 \,.\, 4} \quad \frac{1}{3 \,.\, 4 \,.\, 34} = \frac{577}{408}.$$

Non possiamo che congratularci con un filologo capace di entrare in riflessioni di questa natura. Dobbiam però avvertire due circostanze. La prima è che qui la radice quadrata è espressa in frazioni di numeratore 1, uso famigliare agli Egiziani ed ai Greci. Secondo, che la lista in forma di squadra, che bisogna sottrarre dal quadrato di lato 17, e che equivale anch'essa ad un quadrato, è una figura appartenente alla geometria dei Greci, e, per es., presso Erone porta il nome di *gnomone* (1).

L'estrazione grafica della radice quadrata si appoggiava, come è da aspettarsi, sul teorema di Pitagora È da notare, che nel testo indiano non si parla di triangolo rettangolo, ma l'ipotenusa è considerata come diagonale di un rettangolo, e che inoltre è fatta distinzione fra il caso in cui quel rettangolo è di lati uguali e il caso dei lati disuguali; ossia fra il caso in cui la radice si deve estrarre dal numero 2, e quello in cui si tratta d'un altro numero.

« La corda tesa (obliquamente) a traverso un rettangolo « di lati uguali produce il quadrato di area doppia (2) ».

« La corda tesa (obliquamente) a traverso di un rettangolo « allungato produce le due aree che nascono tendendola sul « lato maggiore e sul lato minore (3) ».

Questo è a un dipresso l'enunziato di Baudhâyana. Dimo-

(1) Heronis, *Geometria* (ed. Hultsch, Berlin 1864), pp. 20-21, def. 58 e 59.
(2) Thibaut, p. 7.
(3) Thibaut, p. 8.

strazioni non ve ne sono. Pel primo caso crede Thibaut, che sarebbe nell' indole della mente indiana dividere per metà con una diagonale i quadrati dei 2 cateti, e in quattro parti colle due diagonali il quadrato dell' ipotenusa, onde risulta evidente a prima vista l' eguaglianza di tutti i triangoli minori così formati, e quindi anche delle somme dei medesimi presi 4 a 4 (fig. 1). Il secondo caso, come espressamente dice Baudhâyana [1], si riconosce dai rettangoli, i cui lati sono 3 e 4 12 e 5; 15 e 8; 7 e 24; 12 e 35; 15 e 36.

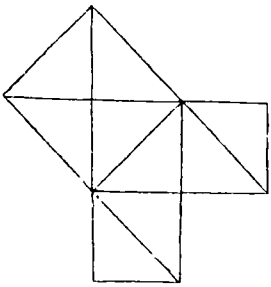


Fig. 1.

Qui ci permettiamo tre osservazioni, che non sembrano prive d' importanza. Thibaut ha già notato, come l' ultimo dei triangoli rettangoli razionali qui nominati da Baudhâyana, quello coi cateti 15 e 36, è lo stesso che quello di cateti 12 e 5, mutate le dimensioni. Or qui domandiamo, se una simile tautologia dimostri, in chi se n' è reso colpevole, una intelligenza molto profonda dell' argomento?

La seconda osservazione riguarda la divisione del teorema pitagorico in due proposizioni distinte. Il provare una verità geometrica generale su casi particolari è abitudine propria dei Greci. Partendo direttamente da notizie sulla letteratura matematica dei Greci, S. Günther ha cercato [2] di restituire la dimostrazione che del teorema pitagorico davano gli antichi Pitagorici, e il suo tentativo coincide fin nei particolari con quella divisione in due casi che è indicata da Baudhâyana, e col modo proposto da Thibaut per la dimostrazione del primo caso. Nè occorre assicurare, che dietro le circostanze di tempo e di luogo è impossibile che Thibaut abbia avuto notizia del lavoro di Günther, o Günther di quello di Thibaut.

Da ultimo chiameremo l' attenzione su di un' analogia, che non sembra possibile considerare come semplice opera del caso. *Anche nella geometria di Erone Alessandrino occorre il teorema pitagorico nel calcolo della diagonale di un rettangolo ancora*

(1) Thibaut, p. 9.

(2) *Ziele und Resultate der neueren mathematisch-historischen Forschung*, von Dr. Siegmund Günther. (Erlangen, 1876), p. 41 e seg.

prima che di triangoli si faccia parola. Anche colà, in due esempi consecutivi, si distingue fra la diagonale di un rettangolo equilatero e di un rettangolo non equilatero (1).

Le applicazioni del teorema di Pitagora presso gli autori dei Çulvasûtras, consistono parte in addizioni, parte in sottrazioni di quadrati tali, che somma e residuo abbiano ancor forma di quadrati. Le due figure (fig. 2 e 3) bastano per far intendere al lettore moderno, che nella prima $AE^2 = AB^2 + BE^2$, nella seconda $DG^2 = AB^2 - DF^2$ (2).

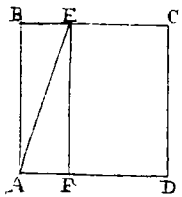


Fig. 2.

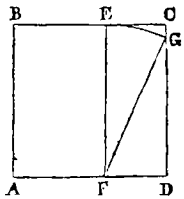


Fig. 3.

Occorrendo il caso di sommare più quadrati uguali, o di trovare un quadrato multiplo intero d'un altro, si procede avanti passo passo, ottenendo prima un quadrato doppio, poi un triplo ecc.; e tutti questi casi sono considerati come problemi distinti, ai quali si danno nomi diversi (3).

Un secondo gruppo di problemi insegna, come abbiamo detto, a convertire una figura in un'altra di area equivalente. Cominceremo a dire della conversione di un rettangolo in un quadrato, la quale è interessantissima per questo, che vi si fa uso del solo teorema di Pitagora, senza applicare il noto teorema euclideo della semicorda perpendicolare ad un diametro (4). Infatti Baudhâyana opera così (5): il rettangolo ABCD (fig. 4)

(1) Heronis, *Geometria* (ed. Hultsch, Berlin 1864), pp. 51-52. Veramente i capitoli 8 e 9, di cui qui si parla, non esistono che in un solo codice parigino. Tuttavia la loro genuinità è forse confermata dal § 12 di Epafrodito (*Agrimensoren*, p. 209): *Si fuerit trigonus paralelogramus hortogonius* ecc, dove si cerca la diagonale di un rettangolo.

(2) Thibaut, p. 18.

(3) Thibaut, p. 16. Il lato del quadrato 2, 3, 10, 40 volte maggiore è chiamato *dvikarani, trikarani, daçakarani, catvaringatkarani.*

(4) Euclide, *Elementi.* Lib. II, prop. 14.

(5) Thibaut, p. 19.

sia a convertire in un quadrato. Si taglia il piccolo quadrato AEFD, che ora bisogna aumentare del rettangolo EBCF. Quest' ultimo si divide per metà colla GH, e la metà GBCH vien trasportata e applicata in FIKD al quadrato AEFD.

Così il rettangolo primitivo ABCD è trasformato nel *gnomone* AGHFIK, cioè nella differenza dei due quadrati AGLK, FHLI. Or si sa ridurre in un quadrato la differenza di due quadrati; onde nessuna difficoltà più resta ad operare la trasformazione voluta.

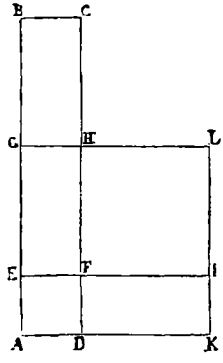


Fig. 4.

Ma in questa classe di problemi assai più importanti pel nostro scopo sono quelli, che si riferiscono alla trasformazione di un quadrato in un circolo, e inversamente. Di questi due problemi, uno è stato già considerato con molta attenzione dagli storici della scienza. *Quadratura del circolo* è l'espressione tecnica di cui si fa uso, quando si tratta di trovar un quadrato d'area uguale a quella di un dato circolo, sia che ciò si voglia eseguire col calcolo o graficamente. Il problema inverso: costruire un circolo di area equivalente ad un dato quadrato, finora non è stato molto considerato. Ed anche non avevamo finora trovato di esso che una soluzione di Alberto Dürer, della quale abbiam parlato in un altro luogo (1). Forse per l'avvenire l'istoria delle matematiche dovrà occuparsi un poco anche di quest'altro problema, pel quale noi proponiamo il nome di ***arrotondamento del quadrato***. In quanto segue, r rappresenterà il raggio del circolo, d il suo diametro a il lato, δ la diagonale del quadrato equivalente.

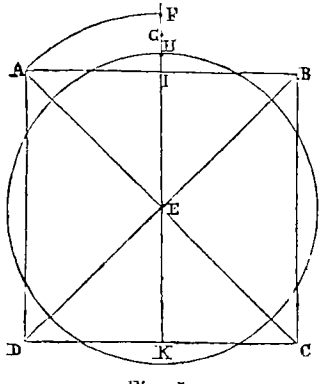


Fig. 5.

I Çulvasûtras (2) contengono per l'arrotondamento del quadrato la seguente regola (fig. 5). Condotte le diagonali $ACBD$ del quadrato e per E loro intersezione la KF parallela a due lati, dal

(1) *Agrimensoren*, p. 88.
(2) THIBAUT, pp. 26-28.

centro E con raggio AE si descrive l'arco AF; il tratto così ottenuto FI si divide in 3 parti uguali in G, H. EH sarà allora il raggio del circolo domandato, equivalente al quadrato proposto.

Per la quadratura del circolo all'incontro Baudhâyana, Âpastamba e Kâtyâyana danno la regola $a = \frac{13}{15} d$, mentre il solo Baudhâyana aggiunge l'altra regola

$$a = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{8.29} - \frac{1}{8.29.6} + \frac{1}{8.29.6.8}\right) d.$$

Singolare costruzione, singolari regole! Vediamo se è possibile far qualche passo per riconoscere l'origine.

Già a Thibaut è riuscito di identificare la regola di Baudhâyana per la quadratura del circolo colla costruzione per l'arrotondamento del quadrato. Quella costruzione dà

$$d = a + \frac{1}{3}(\delta - a)$$

ovvero, poichè $\delta = a\sqrt{2}$, anche $d = \frac{a}{3}(2 + \sqrt{2})$, $a = \frac{3d}{2 + \sqrt{2}}$.

Ma il valore approssimato di $\sqrt{2}$ presso gli Indiani era, come sopra si è veduto, $\sqrt{2} = \frac{577}{408}$; introducendo il quale valore in a si trova $a = \frac{1224}{1393} d$, o in frazioni più semplici, prossimamente

$$a = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{8.29} - \frac{1}{8.29.6} + \frac{1}{8.29.6.8}\right) d$$

come Baudhâyana prescrive [1].

La conversione in numeri dell'operazione grafica per l'arrotondamento del quadrato non domanda dunque altro, se non che si conosca un valore approssimato per $\sqrt{2}$. Che dappertutto e sempre sia stata impiegata per $\sqrt{2}$ una stessa appros-

[1] La somma di quelle frazioni è alquanto maggiore di $\frac{1224}{1393}$. Essa vale 0,878681... mentre $\frac{1224}{1393} = 0{,}878679...$ la differenza importando 2 unità della sesta decimale. Dall'espressione di Baudhâyana si ricava $\pi = 3{,}0883...$

simazione, non è nè verosimile, nè vero. Noi sappiamo per esempio, che gli Ebrei del medio-evo facevano $\sqrt{2} = \frac{7}{5}$. (1). Proponiamoci di cercare qual valore di $\sqrt{2}$ può aver usato l'inventore della precedente costruzione per l'arrotondamento del quadrato.

In questa costruzione il tratto FI è diviso in tre parti: cosa naturale, se supponiamo, che si avesse $FI = 3$. Lo stesso FI è esattamente $\frac{\delta - \alpha}{2} = \alpha \frac{\sqrt{2} - 1}{2}$. Intendendo ora che il simbolo $\backsim$ indichi uguaglianza approssimativa, si avrà

$$\alpha \frac{\sqrt{2} - 1}{2} \backsim 3, \text{ ossia } \alpha + 6 \backsim \alpha \sqrt{2},$$

e quadrando, $\alpha^2 + 12\alpha + 36 \backsim 2\alpha^2$, onde $\alpha \backsim 6 + \sqrt{72} \backsim 14$, dove al $6 + \sqrt{72}$ si surroga il 14 per ottenere numeri intieri, cosa necessaria, se si desidera una comoda approssimazione. Quindi, avendosi $\frac{\delta - \alpha}{2} = 3$, si ricava $\delta = 6 + \alpha = 20$, e da ultimo $\sqrt{2} = \frac{\delta}{\alpha} = \frac{20}{14} = \frac{10}{7}$.

La supposizione $\sqrt{2} = \frac{10}{7}$ non solo è affatto tollerabile, non solo da per $\alpha = 14$, $\delta = 20$ il domandato $FI = 3$, ma conduce inoltre ad una sorprendente coincidenza. Infatti ora abbiamo $d = 2EH = 16$, e poichè $\delta = 20$, ne ricaviamo $d \backsim \frac{8}{10}\delta$, cioè *esattamente la parola praticata in Occidente fino ad Alberto Dürer.*

Non dissimuliamo, esservi qui una pericolosa obbiezione. Ammettendo che la costruzione di Dürer si appoggi ad $\alpha = 14$, $d = 16$, a cagione di $\alpha^2 = \frac{\pi}{4} d^2$, ne deriva $\pi = 3\frac{1}{16}$, mentre nelle nostre anteriori ricerche su questa costruzione (2) abbiamo creduto riconoscervi il valore $\pi = 3\frac{1}{8}$ che già s'incontra presso Vitruvio, e che poi da M. Curtze fu trovato presso un gran

(1) *Vermischte Untersuchungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften von Dr. Siegmund Günther.* (Leipzig, 1876), p. 304, nota **.

(2) *Agrimensoren*, p. 88.

numero di pratici. È quasi incredibile, che da una identica costruzione risultino due valori differenti di π.

Tuttavia, ciò che sembra poco credibile qui pare verificarsi. Infatti Vitruvio impiega $\pi = 3\frac{1}{8}$ non per la *quadratura*, ma per la *rettificazione* del circolo. Si potrebbe dunque benissimo immaginare, che la costruzione del Dürer originariamente fosse nata nel modo qui sopra da noi esposto. I suoi autori riconobbero, che $d = \alpha$ era troppo poco, e $d = \delta$ era troppo; elessero dunque $d = \alpha + \frac{\delta - \alpha}{3}$, a ciò condotti dalla possibilità di esprimere tutte le lunghezze in numeri interi col solo porre $\delta - \alpha = 3$. Il luogo di questa invenzione immaginiamo fosse Alessandria, l'epoca piuttosto remota. Il problema della rettificazione del circolo fu in Grecia notabilmente più recente, nè possiamo farlo risalire al di là di Archimede. Forse anche in occasione di questo nuovo problema fu posto a base di nuovi calcoli il precetto $d = \frac{8}{10}\delta$. Intanto il calcolo geometrico coll'aiuto degli irrazionali era divenuto di pieno dominio dei geometri alessandrini, e senza introdurre approssimazioni si potè mettere $\delta = \alpha\sqrt{2}$, $d^2 = \left[\frac{8}{10}\alpha\sqrt{2}\right]^2 = \frac{32}{25}\alpha^2$, quindi $\alpha^2 = \frac{25}{8}r^2$, da cui il vitruviano $\pi = 3\frac{1}{8}$.

Veniamo ora alla regola data in comune dai tre Çulvasûtras per ottenere la quadratura del circolo coll'equazione $\alpha = \frac{13}{15}d$. Nessuno probabilmente ci contraddirà, quando diremo, il $\frac{13}{15}$ esser nè più nè meno che l'approssimazione alessandrina per $\frac{1}{2}\sqrt{3}$, della quale si valse Erone pel calcolo dell'area del triangolo equilatero, e il cui uso ora dunque incontriamo anche nell'India!

Rispetto all'origine della formula $\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{3}\,.\,d$ esistono diverse possibilità, delle quali vogliamo addurre almeno due. Da $\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{3}\,.\,d$ segue $\pi = 3$, valore che in altra occasione

abbiam dimostrato di provenienza *babilonica* (1) e che (ciò che allora dimenticammo di far notare) si conservò nell'India fino a Brahmagupta (2). Si può anche intendere il come di quella formula notando, che $\frac{1}{2}\sqrt{3}\,.\,d$ è evidentemente l'altezza del triangolo equilatero costruito sul diametro come base. Sebbene finora nessuna traccia si ha presso i Greci dell'uso di un tale triangolo in tentativi di quadratura, tuttavia esiste una relazione, degna di esser nota, ed a cui già altrove abbiam fatto allusione quasi senza avvedercene (3). Erone Alessandrino dà per area del triangolo equilatero $\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{10}\right) a^2$, invece per l'altezza non già $\left(\frac{2}{3} + \frac{1}{5}\right) a$ come sembrerebbe naturale, ma definisce quest'altezza *sottrattivamente*, col togliere da un lato successivamente $\frac{1}{10}$ e $\frac{1}{30}$, ossia in tutto $\frac{2}{15}$ (4). Ed anche sottrattivamente operano i Çulvasûtras: « Dividi il diametro in 15 parti e levane 2. Ciò che resta, è press'a poco il lato del quadrato ».

Non abbiamo dissimulato le difficoltà ed i dubbi che restano nelle nostre ipotesi. Anche non abbiam la pretesa, che a queste nostre opinioni si conceda il grado di verità storiche: è possibile che si trovino altre e migliori spiegazioni dei fatti accertati. Ciò che non possiamo ammettere come dubbio, perchè si manifesta da tutti i lati, è la connessione fra la geometria greca e indiana anche nei capitoli concernenti la misura del circolo.

Volgiamoci da ultimo ad un argomento che osiamo dichiarare importante e pieno d'interesse. Si tratta dell'*orientamento* degli altari, e della loro disposizione ad angoli esattamente retti. La prima e più importante parte consiste nel tracciare il *pracî*, cioè la linea est-ovest (5). Chi non pensa subito al

(1) *Zeitschrift für Mathematik und Physik* XX (Leipzig, 1875). Hist.-Lit. Abtheilung, pp. 163-165.

(2) COLEBROOKE, p. 308.

(3) *Agrimensoren*, p. 40.

(4) ERONE (ed. Hultsch, Berl., 1864), p. 58: Τριγώνου δὲ ἰσοπλευρου τὴν κάθετον ευρεῖν· ποίει ούτως· ὑφελε ἀεὶ τὸ ι'' λ'' τῆς μιᾶς τῶν πλευρῶν καὶ τὸ λοιπὸν ἐσται ὁ ἀριθμὸς τῆς καθέτου.

(5) THIBAUT, pp. 9-10.

decumanus degli agrimensori romani? (1). La regola dei Çulvasûtras per tracciar questa linea con osservazioni astronomiche non è stata ancora pubblicata da Thibaut. All' incontro si trova un procedimento per tale scopo nel *Surya-Siddhânta* (2), e questo è identico a quello trasmessoci da Vitruvio (3), che consiste nell' osservazione di due ombre uguali dello stesso gnomone in un medesimo giorno, prima e dopo del mezzodì.

Partendo dal prâcî, si traccia ora una perpendicolare coll' aiuto di una *fune*. La lunghezza del prâcî, ossia la misura

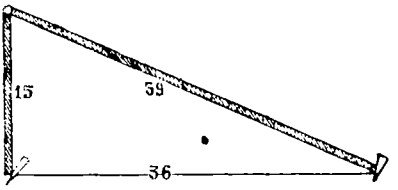


Fig. 6.

est-ovest del santuarìo sia di 36 *padas*. Alle due estremità del medesimo si fissano nel terreno due piuoli (4). A questi si raccomandano le estremità di una corda lunga 54 padas. e portante un nodo alla distanza di 15 padas da una delle sue estremità. Preso in mano il nodo e tesa la corda, si forma un angolo retto presso quella estremità del prâcî. La verità di questo risultato è evidente; infatti la lunghezza del prâcî, cioè 36 e le due parti della corda 15 e 39 formano un triangolo rettangolo, de' cui lati le proporzioni ridotte in minimi numeri sono 13, 12 e 5.

Questo metodo di tendere una corda per costruire un angolo retto si incontra anche altrove. Di *funi tese* infatti si vale Erone (§ 25 della sua *Diottrica*) (5) per ristabilire coll' aiuto del piano topografico i termini di una possessione, perduti ad eccezione di due o di tre. Il *tendere funi* era pure l' occupazione principale degli *Arpedonapti* (letteralmente *tenditori di funi*) (6),

(1) *Agrimensoren*, p. 66.
(2) Surya-Siddhânta, p. 239.
(3) *Agrimensoren*, p 67.
(4) Cfr. anche A. Weber, *Indische Studien* X, 364 e XIII, 233 e segg.
(5) *Agrimensoren*, p. 25.
(6) Le strane interpretazioni affibbiate a questa disgraziata parola αρπεδονάπται possono leggersi nel *Thesaurus Graecae linguae*, ed. Dindorf (Paris, 1851-56). Tomo I, 2, p. 2032.

rispetto alla quale Democrito si vantava [1]: « Nel costruir linee secondo le conclusioni discendenti dalle premesse nessuno mi ha superato, neppure gli *Arpedonapti* degli Egiziani ». Essi erano evidentemente gli aiutanti degli architetti dei templi, o forse questi architetti stessi: fra' cui doveri era questo di assicurare, con una corda tesa fra due piuoli, la perpendicolarità fra i lati dell' edifizio.

Che ciò non sia una vana supposizione è confermato da testi egiziani nominatici dal nostro amico Augusto Eisenlohr, quando gli parlammo dell' opinione poco sopra enunziata. Di uno di tali testi, concernente la fondazione del tempio di Edfu, si occuparono due fra i più chiari egittologi. Dei risultati di Dümichen è importante per noi questo, che la fondazione del tempio ebbe luogo il 23 agosto dell' anno 237 prima di Cristo [2]. Dalla memoria di Brugsch sulla costruzione e sulle misure del tempio di Edfu ricaviamo la descrizione del collocamento della pietra fondamentale, come è rappresentata sulle pareti dei templi di Dendera, di Tebe, di Esne e di Edfu [3]:

« La scena principale rappresenta il re nella sua qualità di luogotenente di Thoth, ne' suoi più splendidi ornamenti, in compagnia di Safeχ, Dea delle biblioteche, che presiede alla fondazione. Ambi questi personaggi tengono nella destra una specie di mazza, con cui piantano in terra un lungo piuolo. Ambi i piuoli si trovano nell' interno di una fune piegata circolarmente e legata alle sue estremità, la quale, come sembra, dev' esser tesa dai piuoli in modo da pendere liberamente verso il mezzo della loro lunghezza ». L' operazione stessa vien denominata *la tensione della fune* (*pet keser*) ed al re sono poste in bocca le seguenti parole: « Io ho preso in mano il piuolo (*nebi*) e il manico della mazza (*semes*), io tengo la corda (χ *a*) in compagnia della dea Safeχ. Il mio sguardo segue il corso

(1) Bretschneider, *Die Geometrie und die Geometer vor Euklides* (Leipzig, 1870), p. 12, Questo passo si trova presso Clemente Alessandrino, *Stromata*, I, p. 357 (ed. Pott).

(2) *Zeitschrift für Aegyptische Sprache und Alterthumskunde*, herausgegeben von Lepsius, VIII, (Leipzig, 1870), p. 7.

(3) *Zeitschr. für Aeg. Spr.* ecc. VIII, pp. 154-156. Disegni furono pubblicati da Brugsch, *Recueil de monuments égyptiens* (Leipzig, 1862). Tomo I, tav. 81, fig. 4: e da Mariette, *Dendera, description générale du grand temple de cette ville* (Paris, 1870). Tomo I, pl. 20. Cfr. ancora Brugsch, *Demotisches Wörterbuch* (Leipzig, 1867), p. 327.

degli astri. Quando il mio occhio sarà giunto alle stelle della Grande Orsa, e l'orologio avrà compiuto l'intervallo che mi è stabilito, io fisserò l'angolo di questa casa divina ».

È certamente inutile aggiungere qui una sillaba di spiegazione. Il testo egiziano e il testo indiano si completano troppo bene, e insieme colle parole di Democrito concorrono a dimostrare, che il processo di tender la fune era abituale in Egitto già al tempo del Saggio d'Abdera, cioè verso la metà del secolo V prima di Cristo.

Quale antichità possono opporre a questa i Çulvasûtras? Non a caso abbiam riservato l'ultimo luogo a questa interrogazione. Ma coloro cui spetta rispondere, non danno su ciò luce molto soddisfacente. Su Kâtyâyana Weber si esprime così (1): « La formazione della parola coll'affisso *âyana* ci porterebbe al tempo in cui le scuole (*âyana*) erano definitivamente costituite. Che che sia di ciò, nomi così formati si trovano solo di raro nei *Brahmana*, ed anche solo nelle loro parti meno antiche, quindi in generale indicano sempre un'epoca piuttosto moderna ». Ciò che si dice di Kâtyâyana, vale naturalmente anche per Baudhâyana: il portatore di un nome di egual formazione, *Açvalâyana* vien riferito al tempo del grammatico *Panini* che forse non viveva prima del 140 di Cristo (2). Ed anche Thibaut (3) circa l'epoca, in cui i Çulvasutras han preso la loro forma presente non sa affermar altro, se non che egli crede, i precetti ivi contenuti esser molto più antichi degli scritti stessi. Egli pensa che molte di quelle regole si sian tramandate per tradizione, e dice ciò risultare dalla forma in cui son espresse. Da ultimo sembra ritenere per evidente, che tutta la scienza geometrica ivi contenuta sia d'origine indiana, sebbene ciò non sia da lui espressamente affermato.

Naturalmente noi abbiamo nulla da opporre alle ragioni filologiche, sulle quali si fonda codesto giudizio. Crediamo però di avere con fatti dimostrato ch'esso non sussiste. Le coincidenze fra la geometria greca e l'indiana sono troppo numerose, perchè si possa pensare a due sviluppi affatto indipendenti. Noi dovremmo ammettere una certa connessione storica quand'anche fosse dimostrata la totale indipendenza nelle scienze

(1) Weber, *Literaturgesch.*, p. 236.
(2) Weber, *Literaturgeschichte*, p. 236.
(3) Thibaut, pp. 44 45.

affini. Ciò posto, non resta che una questione: se la geometria indiana abbia accolto in sè qualche parte essenziale della greca, o la greca dell' indiana: e su questo non possiamo aver il minimo dubbio.

Già al principio delle nostre ricerche geometriche abbiam riconosciuto, che ragioni d' indole generale parlano in favore d' un influsso dell' occidente sull' oriente. Abbiamo poi dimostrato, che quelle particolarità, nelle quali una comunicazione si rende manifesta, sono in ogni caso molto antiche nella Grecia e nell' Egitto, mentre la loro data nell' India è affatto incerta. Noi speriamo che il concorso di queste ragioni basterà a render manifesta la verità della nostra opinione che riassumiamo nelle proposizioni seguenti:

La matematica indiana e la greca (specialmente alessandrina) non si sono sviluppate in modo intieramente indipendente. Quanto ora ne sappiamo ci dà ragione di pensare, che gl' Indiani siano stati maestri dei Greci nelle cose di aritmetica e di algebra: che in ogni caso essi sono stati discepoli dei Greci nelle cose d' astrologia, d' astronomia e di geometria.

ELENCO ALFABETICO

DEI NOMI PROPRI CONTENUTI NEGLI « SCRITTI EDITI »

(TOMO PRIMO E TOMO SECONDO)

I numeri romani indicano il tomo, quelli arabici la pagina; quando il numero arabico è corsivo il nome si trova nelle note.

Aalimes, II, 308
Abdera, I, *365*; II, 376
Abdia, I, *155*
Aben Ezra, I, 141, 200-02, 216
Abil Istar, I, 74, II, *24*
Abramo, I, 44, 144, 178, *178*, *180*, 194
Abu Abdallah Mohammed, II, 341
Abu Schahrein, I, 52
Abulfaragio Gr. I, 283
Accad, I, 51, 53, 54, 56, 57, 75, 83, 84, 94, 122
Achab, I, 192, 250
Achaz, I, 191, 224, 233-35, *235*, 290; II, 240
Achemenidi, I, 47, 48
Achille, I, 44; II, 181, 218
Acrone, II, 265
Açvalâyana, II, 376
Adad, I, *64*
Adamo, I, 174, 182
Adrasto, I, 406, 410, *414*; II, 29, *29*, 30, 31, *32*, 33, *34*, *90*, 93, 129, 137-39, 141, *141*, 142-44, 149, 150, *151*, 166, 167
Agade, I, 51
Agesilao, II, 13
Aggeo, I, 244
Agostino (Sant'), I, 330
Agrippa Marco, I, 272
Akkad, II, *24*
Akkullanu, I, 84
Albatenio (o Al-Battani), I, 20, 350; II, 340-47
Alberto Magno, I, *176*
Albirûni, I, *430*; II, 319, 323, 355
Alcmeone, I, 366
Alcuino, II, 300
Aldo, I, *419*
Alessandria, I, 45, 47, 95, 122, 258, *342*, 358, 399, 408, 427, 428; II, 5, 7, *210*, 266, 269, 272, 295, 355, 359, 372
Alessandro Afrodisiense, I, 387, 441; II, *95*, 108, *138*, 152
Alessandro Magno, I, 62, 94, 95, 122, *134*, *173*, *207*, 266, 337, 417, 428; II, 112, 117, 147, *148*, 149, 163, 281, 351
Alfonso X re di Castiglia, I, 350, 435; II, 347
Alfragano, I, 350
Almagesto, I, 45, 64, 319, 329, 330, *343*, 344, 350, 353, 358, *378*, 417, *424*, 428, 429, 434; II, 6, 23, 133, 135, 136, 138, *142*, 163, 177, 182, 184, 185, *186*, 187, *187*, 188, 189, *189*, 211, 212, 335, 336, 343, 347
Almamun, II, 344
Alopeconneso, II, 14
Alpetragio, I, 435; II, 93, 335
Alsûfi, I, 143; II, 185, *185*, 187, *187*, 188, *188*, 191, *191*
Amarâja, II, *353*
Ambrogio (Sant'), I, 196
Amici, II, 93, 336
Ammeneme III, II, 308
Ammone, II, *234*
Amos, I, *176*, 187, *187*, 188, *188*, 193, 198, 199, 204, 205, 220, *220*, 230, *239*, *242*, 262, 285
Amurru, I, 55
Anassagora, I, 331, 332, 365, 369, 382, 399, 422, 442; II, 250, 251, 254, 268

Anassimandro, I, 331, 332, *332*, *364*, 365, 437, 438, 442; II, 12, 248-50, 253, 256, 332
Anassimene, I, 442
Anastasi IV, II, *234*
Anatolio, I, 437
Annone, I, 404
Anonimo di Chartres, II, 362
Antioco Eupatore, I, 271
Antonino, II, 269
Anu, I, *224*
Apastamba, II, 363, 365, 370
Apelt, I, 333, *333*, 379, *379*; II, *332*
Apollonio di Perga, I, *341*, *378*, 432; II, 91, 117, 129, 130, 133-37, 141-43, 147, *147*, 150, 151, 161, 169, 170, 173, 298, 309, 334, 335
Apollonio Rodio, II, *221*
Apollonio di Tiana, II, 352
Aprofodito, II, 298
Apuat, I, 317
Aquila, I, 141, *142*, 205, *206*, 215, *215*, 216
Arago, II, 183
Arato, I, 98; II, 6, 28, *28*, 38, *109*, 122, 191, *191*, 192, 193-96, *196*, 199, 202, 206, 209, 211, *221*, 246, 257, *258*
Arbela, I, 65
Archedemo, I, 380, 446
Archimede, I, 81, *265*, 336, *338*, *339*, 340, *342*, 352, 354, 421, 422, *422*, 423, *423*, 424, 425, 453, 455; II, 6, 19, 22, *22*, 33, 64, 91, *91*, 147, 168, *168*, 169, 262, 266, 267, 292, 297, 298, 309, 312, 357, 358, 372
Aristarco, I, 122, 330, 338, 339, *339*, 340, 341, 344, 348-50, *378*, 399, 408, 420, *420*, 421, *421*, 422, *422*, 423-27, 432, 433, *433*, 434, 450, 455-57; II, *90*, 91, 116, 117, 168, *168*, 169, 170, 172-74, 334, 335
Aristippo, II, 22
Aristofane, II, 260, 261
Aristotele, I, 329, 330, 338, *338*, 341, *342*, 352, *364*, 365, 367, 369, 370, *370*, 372, 379, 380, *380*, 381, 386, 387, 392-94, 397, 400, 401, 404, 409, 411, 416, *418*, 420, 425, 426, 432, 433, *433*, 438, 441, 442, 444, 446, 448, 450, 454, 456; II, 7, 8, *10*, 15, 19, 20, *20*, 22-24, 27, 28, 37, 39, 43, 55, 65, 73, 77, 78, 87-90, *94*-96, 98, 100-02, 105, *105*, 106-08, *109*, 110, *110*, 111, 112, 116, 118, 119, *119*, 122, *122*, 126, *128*, 129, 138, *138*, 145, *146*, 148, 150, 156, 159, 167, 175, 177, 191, 223, 249, *252*, 265, 266, 334
Aristotero, II, 122, 334
Arneth, II, *359*
Aronne, I, 231
Arpalo, I, 255; II, 33, 253, *253*, 254, 255
Artaserse I, I, 252, *252*
Artemidoro, I, *342*
Aryabhatta, I, 341, 353, 354, *354*, 429; II, 310, *353*, 356, *356*
Asa, I, 244
Asarhaddon, I, 78, 83, 88
Asaridu seniore, I, 84
Assaradone, I, *223*
Assurbanipal, I, 6, *6*, 22, 25, 46, 55, 65, 67, 78, 83, 85, 87, 88, *249*, *261*, 296
Assurnazirpal, I, *223*, *249*, 292
Astarte, I, 160
Ateio Capitone, II, 201, *201*, 202
Atene, I, 399, 401, 411; II, 77, 89, 100, 116, 118, 251, 258-60, 262, *327*
Ateneo, II, 15
Atlante, I, 44
Attalo Rodio, II, 28, 29, 37, 38
Augusto, II, 201, *207*, 209, *210*, 269
Ausonio, II, *221*
Autolico, I, 329, 338, 411; II, 90, 109, *109*, 122, 334
Averno, I, 177
Averroè, I, 435; II, 336
Avieno, II, 193, 194, 209, 212
Azalu, I, 177
Azaria, I, *187*
Azeqa, I, 194

Baal, I, 160
Babele, I, 51, 120, 123
Babelon, I, *227*, *291*
Babilonia, I, *6*, 12, 15, 18, 19, 46, 50, 51, 53, 54, 57, 58, 61, 63, 64-66, 70, 71, 73, *74*, 75, 82, 84, 85, 87,

88, 93-96, 98, 101, 105, 107, 122, 160, 161, 191 93, 219, 220, *222*, 235, *249*, 251, 258, 259, 266, 314; II, 15, *23*, 67, 112, 239, 240, 308, 319, 321, 325, *327*
Bacone Francesco, I, 368
Bagdad, I, 200; II, 342
Bailly, I, *70*, *333*, *339*, *342*, 343, *343*, 378, *378*, 437; II, 6, 7, 8, 10, 36, *84*, 305
Bake, I, *417*; II, *153*, *157*
Baldad, I, 127
Ball, I, *264*
Balum, I, 31
Bapu-Deva, I, *431*
Bar Ali, I, 284
Bar Bahlul, I, 284, 285
Barhebraeus *vedi*: Abulfaragio
Barozzi, II, *61*
Baruch, I, *155*
Bascara Acharya, I, *415*
Bassi, I, *292*
Battan, II, 341
Batteux, I, *387*, 410
Bau, I, 56
Baudhâyna, II, 363, 365-8, 370, *370*, 376
Beda, I, *408*, *412*, 451, 452; II, 34, *34*, *35*, 36, 37, *166*
Beer, I, *258*
Bekker, I, 438, 441; II, *94*
Bel, I, *224*
Belo, I, 44, 53, 72, 79, 86, 88
Benfey, I, *306*
Benhadad, I, 250
Bennu, II, 232
Berachoth, I, *202*, 301
Berenice, II, 266
Bergk, II, *147*, *148*, 154, *154*, 155, 158, 159, 161, *169*
Bernhardy, II, *196*
Beroso, I, 94; II, 126, 173
Bethel, I, 244
Bethhoron, I, 194
Betsabea, I, 150
Betsura, I, 271
Bezold, I, *6*, 33, 150, *227*, *294*
Bhascara-Acharya, I, 354, *354*, *429*, 430, *430*; II, 310, *353*, 356, 357, *358*, 359
Bhatta Utpala, II, *353*
Bione, I, 121, *365*
Biot, II, 6
Birch, II, 293
Birs-Nimrûd *vedi*: Borsippa
Blume, II, 292
Bobbio, II, 298, 300
Boeckh, I, 333, *333*, *364*, 369, *369*, 373, *373*, 374, 379, *379*, 387, *393*, *417*; II, *13*, *15*, 22, *23*, *25*, *26*, *82*, *83*, *118*, 148, 154, *154*, 155, 158, 159, 161, *167*, *175*, *198*, 319, 332, 333
Boezio, II, 299, 312
Boll, I, *225*; II, *189*
Bolo, II, *257*
Boncompagni, I, *366*, *371*, *373*; II, *58*, *301*, 308, 311
Borsippa, I, 65, 75, 81, 84, 87, 117, 123, 191; II, *24*
Bosanquet, I, 7, 18
Boscawen, I, *261*, 297, *299*
Bouillaud, I, 351, 378; II, 16
Brahma, I, 356, *356*, 428
Brahmagupta, I, 429, *429*, *430*; II, 299, 310, 312, 353, 356, 357, 359, 361, 362, 365, 373
Brandis, I, *411*, *418*, *419*, *426*, 442, 446, 448-50, 454, 456; II, *95*, *97*, *99*, *103*, *111*, 153, *153*
Bretschneider, II, 308, 309, *375*
Brockhauss, II, *355*
Brown, I, 46
Brugsch, I, *236*; II, 224-9, *233*, 375, *375*
Brunet de Presle, II, *25*
Budda, I, 428, *428*; II, 357
Buhle, II, *109*, *191*, 192, *199*, *206*, *258*
Bullialdi, I, *378*
Bunte, II, *181*, 195, *196*, 197, *202*, *205*, *206*, *267*
Burgess, I, *431*; II, *353*
Burnell, II, 351, *358*, 363
Buxtorf, I, *202*

Caino, I, 174
Calah, I, *249*
Calcidio, I, 387, *389*, 405-7, 439, 451; II, *141*, 144, 166, *166*, *167*
Callimaco, II, 266

Callippo, I, 104, 109, 255, 386, 400, 409, 411, 412, 415, *415*, *418*, 423, 425; II, 8, *10*, 11, 15, 22, 28, 29, 33, 37, 72, 77, *77*, 78, 79, 81-4, *84*, 85, *85*, 86-91, 94, *95*, 100, 101, 105, 107, 116, 118, 158, 159, 162, *162*, 169, 172, 265, 266, 270-3, 334
Callistene, II, 112
Cambise, I, 48, 89, 98, 100, 102, 114, *297*
Camerario, II, *188*, *211*
Canaan, I, 305
Cantor, II, 289, 291, 292, 293, 295, 298, 299, 300, 303, 305, 307, *307*, 308-10, *310*, 311, 313, 291, 349, 350
Capella, I, 335, *355*, 336, 352, 355, 406, *407*, 453; II, 33, *33*, 34, *34*, 35, *35*, 36, 37, 166
Carlo Magno, II, 34, *34*, 300
Cartagine, I, *173*, 241, 242
Casaubono, I, 457
Caspio, I, 22
Cassini, I, 340, 351; II, 239
Castelli, I, *164*, 166
Catanens, II, 346
Catullo, II, 266
Cedreno, I, *258*
Censorino, I, 335, *335*, 336, 374; II, *200*
Ceriani, I, 149, 301; II, *30*
Cesare, I, 94, 286; II, 268, 272-8
Chabas, I, *407*, 408; II, *13*
Chalchiol, I, 155
Champollion, II, 308, 319
Chartier, I, 456
Chasles, II, 308, 309
Cheremone, II, 231
Cheronea, I, 399
Chirone, I, 44
Cicerone, I, 330, 346, *377*, 380, *380*, 392, 407, 446, 453; II, 154, *154*, 156, *156*, *159*, 192, 193, 197, 199, *199*, 200, 209, *258*
Cipolla, II, 218
Cipro, I, 241, *241*, 242
Ciro, I, 96, *297*; II, 324
Cizico, II, 14, 266
Claudiano, II, *221*
Claudio Etrusco, II, 276, *276*
Clazomene, I, 332; II, 251
Cleante I, 399, 421, *421*, 422, *433*, 455
Clemente (S.) Alessandrino, I, *428*; II, 375
Cleomede, I, 344-6, 360, 424, *424*; II, *34*, *35*, *208*, 210, *210*
Cleostrato, I, 255; II, 251, 252, *252*, 253
Clinia, I, 394, 395, 398
Colebrooke, I, *354*, 356, *428*, 429, *429*, *430*; II, 308, 310, *358*, *360*, 362, *365*, *373*
Colombo Cristoforo, I, 174
Columella, II, *199*, *200*, 202, 203, *221*, *257*, 263, 276, *276*
Conone, II, 266, 267, 272-4
Contratto, II, 300
Conuli, II, 13
Coo, II, 127
Cooke, I, *241*, *242*
Copernico, I, 45, 122, 265, 330, 332, 340, 350, 362, 363, 376, *376*, *377*, 378, *378*, 379, *379*, 381, 397, 398, 400, 402, 410, 416, 417, 419, 420, 422, *422*, 424, 432-6; II, 5, 6, *12*, 17, 38, *90*, 91, 115-7, *143*, 151, 152, 164, 165, 168, *168*, 170, 174, 250, *332*, 336, 337
Cossali, II, 308
Costantino, I, 267
Costantino il Giovane, I, 353
Cousin, I, 387
Craig, I, 8, *8*, *12*, 33, *86*
Cratete, I, 426, 457
Crissa, II, 253
Critone, II, 264, 267
Çulvasûtras, II, 310, *310*, 363, 365, 368, 369, 372-74, 376
Curtze, I, 362; II, 371
Cutha, I, 191

Daji, II, *353*
Damaso, II, 257
Daniele, I, 131, *145*, 236
Dante, I, 237; II, 194
D' Anville, II, 305
Darda, I, 155
Dario, I, 26, *96*, 297-9; II, 324
David, I, 150, 154, *186*, 239, 243, 249, 250, 256
Debora, I, 189

Delambre, I, *333*, 378, *378*, 453; II, 6, *6*, *7*, 8, 9, *9*, 15, *15*, *90*, 345, *346*, 347
Delarue, I, 449
Delitzsch, I, *23*, *31*, 129, 192, *192*, 199, *199*, 205, *205*, 214
Democrito, I, *365*, 369, 442; II, *221*, 249, 250, 256, 257, 259, 261, 266, 268, 270, 272-4, 277, 278, 284, 375, 376
Demostene, II, 154
Dendera, II, *39*, 224-8, *229*, 375, *375*
Denon, II, *39*
Dercillide, I, *433*, 437, 438; II, *16*, 64-6, 173
Deswert,, I, *401*, 405, *405*, *417*; II, *148*, 154, 157, *167*, *207*
Didot, I, 445-7, 455
Diels, II, *129*, 138, 156, *156*, *175*, *221*, *223*, *253*, 268
Dilbat, I, 6
Dinostrato, II, 15
Diodati, I, 132, 138, 142, *188*, *189*, 206, *206*, 210, *214*, 216, *232*
Diodoro, I, *433*; II, 39, *67*, *148*, *255*, 260
Diofanto, II, 299, 309, 312
Diogene Babilonico, I, 94
Diogene Laerzio, I, 332, *364*, *365*, *369*, 380, *380*, *381*, 382, *382*, 387, *396*, 401, *401*, 402, *420*, 421, *421*, *433*, 445; II, *19*, 148, 157, *167*
Diomede, II, 218
Dione Cassio, II, 231, *232*
Dionigi II, II, 22
Dionisiodoro, I, 351
Dositeo, II, 33, 204, 267, 270-4, 278
Dreyer, II, 332, *332*, 334, 337
Driver, I, 285
Duhamel, I, 132
Dümichen, II, 225, 375
Dürer, II, 369, 371, 372

Ea, I, 52, 53
Ecateo, II, 248
Ecclesiastico, I, 139, *139*
Ecfanto, I, 341, *377*, 403, *403*, 404, 415, *417*, 449; II, 119, 121, 154
Eden, I, 174
Edfu, II, 224-26, 294, 295, 297, 300, 308, 375
Edone, II, 222
Efestione, II, *189*, 207-09, 212
Efrem, I, 201
Egesia, I, *378*
Egibi, I, *261*
Eisenlohr, II, 293, 308, *308*, 375
Elam, I, 55
Elea, I, 365
Elefantina, II, 228
Elia, I, 250
Eliano, II, 231, 268
Elicone, II, 14, 15, 22, 23, *86*
Elihu, I, *138*
Elimelech, I, 186
Eliopoli, II, 13, 230-32
Eliseo, I, 262
Ellis, II 229
Empedocle, I, 329, 332, *380*, 442; II, 250
Encke, I, 351
Engelbrecht, II, 207
En-ki, I, 52
Enoch, I, 258, *258*
Enopide, I, 437; II, 224, 255, *255*
Epafrodito, II, 298-300, 357, 362, *368*
Epicuro, I, 346
Epping, I, *24*, 48, 49, 66, *89*, 93, 97, *100*, 102, 106, 299, 314
Epulone, I, *178*
Eraclide, I, 122, 341, *377*, 397, 401-11, 413, 415-21, 426, 428, 430-33, 449-51, 454, 457; II, 90, 117, 119-23, 125, 126, 128, 130, 135, 136, 142, 148, *148*, 149-74, *207*, 334, 335
Eraclito, I, 347
Eratostene, I, 47, 341, 342, *342*, 343, *343*, 344, 345, 349, 351, 352, *371*, *379*, 402, *424*, 432, 455, 457; II, 9, *9*, 14, 33, *67*, *191*, 196, *197*, 335, 364
Erech, I, 51, 52, 65, 84, 123
Eridu, I, 51, 52
Erigone, II, 195, 196, 200-03
Erman, I, *317*
Ero Panfilo, I, 399
Erode, I, 271
Erodoto, I, 22, *189*, 235; II, 230, 240, 358
Erone, I, 438; II, 58, 295-300, 309, *354*, 359-62, 366, 367, *368*, 372-74

Esarhaddon, I, *291*, 294, 296
Esdra, I, 130, 162-4, 198, 244, *244*, *245*, 269, 270, 273, 278, 280, 281, *310*
Esichio, II, *63*
Esiodo, I, 331, 396; II, 181, 191, *220*, *221*, 240, 215, 246
Esne, II, 375
Ester, I, 245, 312
Estia, I, *382*
Ethan Ezrahita, I, 155
Ettore, II, 181, 217, 218
Euclide, I, 329, 338, 424; II, 7, 14, *14*, 58, *58*, *60*, *64*, 138, *145*, 292, 297, 298, *307*, 309, 353, *368*
Eudemo, I, *364*, 437, 438; II, 7, 12, 19, 20, 27, 37, 78, 82, 84, 89, 95, 100, 101, *122*, 123, 145, 147, 165
Eudosso, I, 98, 104, 122, 255, 338, *338*, 349, 367, 374, 386, 400, 408, 409, 411-13, 415, *418*, *423*, 425, 432; II, 7-15, 17, 17 29, 33, 35, 36, 38-45, *45*, 55-57, 60-*82*, 84-87, 90, 91, 93-100, 108, 116, 118, *118*, 120, 122, 129, 145, 147, 158, 159, 162, 164, *165*, 169, 171-73, 234, 262-67, 269-74, 276, 277, 284
Eufrate, I, *19*, 22, 51, *52*, 153, 259
Eumeo, II, 239
Euriminanki, I, 81
Euripide, II, *204*, *221*, 364
Eusebio, I, *376*, 449
Eusino, I, 22
Eutemone, I, 96, 104; II, 25, 82-85, 101, 158, 162, *162*, 169, 261, 262, 266, 270-74, 278
Eva, I, 174
Evetts, I, *297*, *299*
Ewald, I, 201, 232, *232*, *238*, 241, 276, 316
Eyssenhardt, I, *407*
Ezechia, I, 233, 234, *239*, 244, 250, 257
Ezechiele, I, 145, *172-75*, 177, *177*, 178, 194, 244, 251, 268, 280

Fabricio, I, 437; II, *112*, 146, *146*
Faino, I, 96; II, 251, 258, 262
Favaro A., II, *308*
Ferecide, II, 249, 250
Festo, II, 201, *201*
Fetonte, II, 15
Fidia di Acupatre, I, 338, *338*, 349; II, 22
File, II, *39*, 41, 224
Filippo Macedone, II, 117, 147, 149
Filippo d'Opunte, I, 396, *396*, 444; II, 22, *22*, 265, 272, 273, 277, 284
Filolao, I, 122, 333, *334*, 335, 336, 363, 368-80, 393, 397, 398, 402-04, 416, 420, 432, 438, 439, 443-46; II, 12, 16, 118, 120, 147, 148, 152, 171, 255, 333
Filone, I, 277, 279
Firuzabadi, I, 284
Flammarion, I, *376*, 379, *379*
Flavio, I, *254*, 264, 271, *307*; II, 268
Fleckeisen, II, *119*
Foscolo, II, 185
Fracostoro, I, 400; II, 93, 336
Franchetti, II, 260
Fréret, I, *342*; II, 5, 305, 317
Friedlein, II, *14*, *58*, *60*, *61*, *64*, *105*, 308

Gad, I, 243
Galeno, I, *371*, 455, 456
Galileo, I, 122, 330, 368, 376, *378*, *419*, 434; II, 16, *332*, 337
Gallo, I, 272
Gange, I, 400
Gassendi, I, 378, *378*
Geber, II, 341
Gelone, I, 423; II, 357
Gemino, I, 107, 349, 412-*14*, 417-20, 424, *424*, 454; II, 16, *16*, 90, *105*, *129*, 138, *138*, 139, 143-45, 147, 149, 152, 154-57, 163, 164, *175*, *182*, *196*, 221-23, 270, 275, *276*, 278
Gengiskan, II, 311
Gerardo, II, 185, *185*, 187, *187*, 188
Gerasa, II, 146
Gerberto, II, 300, 362
Geremia, I, 22, *140*, 160, 172, 195, *211*, *231*, 244, 250, 251, 268, *269*, 280
Gerico, I, 312
Germanico, II, 193, 206, 209
Geroboamo II, I, *187*, 244
Gerolamo (San), I, *193*

Gerusalemme. I, 52. 145. 160. 172, *172*. 218, 220, 224, 226. 233, 235, 240. 244, 250. 252. *252*. *269*. 270-72, 281. 294. 312. 314
Gesenius, I, *128*, 130. *130*, 138. *138*, *155*, *170*. *171*. *173*. *178*. *179*. *186*. *193*, *200*, 205, *205*. *206*, *210*, *214*, 218-20, *229*. *231*. 232, *234*. *236*, 241. *241*, *242*. *249*. *255*, 284. *310*, *311*. 316
Gesù Siracide. I, *159*. *177*, *238*
Giacobbe, I, 150. *175*, 186
Ginzel, I. 187. *187*. 199. *316*. *319*, *320*; II, *317*, 319, 327. *327*
Giobbe, I. 127. 129, *130*-33. 136-39, 141-43. 155-57, 159. 163. 167. 171. *172*, 174, 177. 178. 181, 188. 193, 194. 198-201. 204-07, 209-17. 220-22. 285. 287
Gioele. I. 187. 188. *188*. 194
Giordano Bruno. I. *378*. 436
Giordano, I. 243, 313
Giorgio da Trebisonda. II, 185
Giosafat. I. 192
Giosia, I, 165, *191*, 215, 218, 244. 250, *251*. 268
Giosuè, I, 166, 167. 186. *186*. 194. 234. 243. 305
Giovanni (San) Crisostomo. I. *215*. 216. 218
Giovanni Damasceno, I, 457
Giovenale. I. 264, 428
Gis-hu, I, 51
Giuda, I, 160. 166. 186. *187*. 191. 192, 195, 244, 250, *251*
Giuditta, I, 244
Giulio Africano. I. 258
Giulio Cesare *vedi*: Cesare
Giulio Firmico Materno, I, 353
Giuseppe, I. 277, 279
Giustino (San). I. 267
Glauco. II, 364
Godolia, I, 244
Golfo Persico, I, 51, 54, 200
Golius. II. 347
Gorresio. I, 353
Graf. I, 164, *281*
Grant, I, 333, 378, *378*; II, 338
Gregorio XIII, I, 267
Grote, I. *382*, 387. *387*, *392*. *394*, *396*; II. *77*
Grozio. I. 139, 210
Gruppe. I. *380-82*. 387, 391. 394, *394*. 396-99. 401-03. *417*. *418*; II, 154
Gudea. I. 52. 57. 82
Gula. I. *224*
Günther. II, 308. 367. *371*

Hades. I. 177
Halley. I. 351; II. 347
Halma. I. *413*; II. *90*, *163*, 184. 186
Hammurabi, I. 50. *50*. 51, 58, 88
Hanani. I. *252*
Hankel E., II. 306-08, 311. *352*, 359, 360-62
Hansen, I. 351
Haptzefà. I. 317-19
Harran, II. 311
Hastings. I, *262*
Hatit. II, 226
Hea, I. *224*
Hebron. I, 154
Heiberg. II. *120*, *122*, *145*, *146*, *168*
Heman. I. 155
Henoch. I. 168
Hermonthis, II, *39*, 41
Herschel, II, 183
Herveto. I. 456
Heuzey, I. 52
Hevila, I, 131
Hilprecht, I, *19*
Hincks, I, 46
Hoefer. I, 379. *379*; II, 8, *8*
Hommel. I. 46, *223*, *225*-27
Horapollo. II, 231
Hosea, I. 239, *239*, 262
Hultsch, I, 438; II. *119*, *145*, *147*, 165, *168*, *296*, 308, *332*
Humboldt. I, 134, *135*, 156, 208, *208*; II, 183, *184*, *191*. *210*
Hüpfeld. I, *269*, *281*
Hyde, I, 201, 204
Hypsicle, I. 120

Iabne. I, 239
Ibn Badja, II, 335
Ibn-Junis, I, 350
Ibn Tofeil, II, 335
Icario, II, 195, 200, 202

Iceta, I, 341, 363, 379, 380, 403, 445; II, 119, 121
Ideler, I, *105*, *143*, *200*, *204*, 206, *219*, 229, *229*, 231, 245, 256, *259*, 266, 276, *277*, *284*, 316, 364, 387; II, 10, *10*, 11, 13-*15*, 21, *33*, 71, *220*, *230*, 318-20, 323, 324, *332*, 333
Idumea, I, 155
Ieremias, I, 151
Igino, I, 335, 336; II, 181, 195, 196, *196*, 200, 202, 205, 206, *206*, 212, *298*
Ilarione Antiocheno, I, *414*
Ipparco, I, 47, 98, *103*, 105, 107, 108, 110, 119, 255, 282, *342*-345, 348-50, 353, 354, 358, 400, 401, 406, 414, *414*, 415, *418*, 426, *426*, 432, 435; II, 5, 6, 17, 28, *28*, 29, *29*, 32, 37, 38, 40, 42, 90, 91, 127, 130, 135-37, 139, 140, 142, 146, 156, 161-63, 173, 174, 196, 262, 267, 268, 272, 274, 277, 278, 284, 297, 335, 344
Ippocrate, I, 456
Isaia, I, 137, *140*, 160, *160*, 161, *161*, 172-*74*, *177*-79, 182, 186, *189-193*, 195, 205, 211, 233, 234, *239*, 278
Iside-Hathor, II, 226-28
Isidoro, II, *206*
Israele, I, 130, 154, 155, 161, 166, 186, *186*, *187*, 191, 192, 194, 195, 226, 242, 244, *249*, 250
Issachar, I, 154
Istar, I, 293, 294, 296
Istar-iddinapal, I, 65
Istar-sumairis, I, 83

Jabez, I, 155
Jacob, I, *135*, *208*
Jahve, I, 154, 160, 174, 178, 181, 186, 194, 233, 242, *249*, 252, 268
Jamblico, I, 413; II, 112, 146, *146*
Jamin, II, *53*
Jensen, I, *31*, 46, 82, 109, *172*, *177*, *178*, 293, *293*
Joab, I, 249
Joas, I, 250
Job, I, 203
Jojachin, I, 244, 250, *251*, 313
Jonathan, I, 239
Kalah, I, *8*, 53, 78, 87
Karsten, I, *411*, *426*, 442, 446, 449, 450; II, *95*, *97*, *99*, *103*, *111*
Karun, I, *52*
Kâtyâyana, II, 363, 370, 376
Kautzsch, I, *258*, *277*
Kazwini, I, 143, *200*
Keplero, I, 122, 340, 351, 376, *419*, 434; II, 7, 16, 17, 77, *185*, 332, *332*, 337
Kercia, I, *52*
Kern, II, 310, *355*
Khorsabad, I, 53
Khuzistan, I, 53, 55
Kidinnu, I, 94, 97, 106, 108-11
Kimchi, I, 138, 289
Kircher, I, 351
Kis, I, 51
Knobel, II, *185*, *187*, *212*
Knoche, II, *60*, *61*
Konegen, II, *207*
Kugler, I, *24*, 49, *49*, *50*, 67, 71, *81*, 89, *89*, 93, 94, *94*, 96, 97, 100, 103, *105*-11, 114, 115, 118, *118*, 314
Kujunjik, I, *6*, 8, 33
Kuthia, I, 51

Lacaille, I, 351
Lachmann, II, 292, *299*
Lagas, I, 51, 52, 82
La Grange, II, 312, *338*
Lalande, I, 351; II, 306
Lalitavistara, II, 357, 358
Landau, I, *241*, *242*, *309*
Lanka, II, 355
Laplace, II, *338*
Lassen, I, *354*, *430*
Lattanzio, I, 331
Laurenzio, II, 275, 276, *276*
Layard, I, *6*, 291, 293, *293*
Lazzaro, I, *178*
Leclercq, I, 292
Legge, I, *140*, *212*
Lehmann, I, *199*
Leibnitz, II, 306, 312
Lenormant, I, *227*, *291*, *292*
Leonardo Pisano, II, 300, 312
Leopold, I, *219*
Le Page Renouf, II, *229*, *232*, *233*
Lepsius, I, 374, II, 36-42, *111*, 229-*31*, 294, 295, 308, *375*

Lesbo, II, 251
Letronne, II, *25*, *63*, *67*, 71
Leucippo, I, 332, *380*, 381
Leverrier, I, *118*, 351; II, *338*
Lewis, I, *333*, *334*, *347*, *376*, *381*, *405*, 450; II, 10, *10*, 67
Libri, I, 378, *378*; II, 308, *359*
Lichtenstein, II, *185*
Lido, II, *26*
Lipsia, I, *242*
Lissajous, II, *53*
Littmann, I, *277*
Loftus, I, 52; II, 309
Lombardini, II, *292*
Luca (San), I, *178*
Lucano, II, *221*, 268
Lucrezio, I, 346
Lüdike, I, 196
Luristan, I, 53, 55
Lutero, I, 132, 138, *188*, *189*, 205, 206, 210, *214*
Lynch, I, 312

Maass, II, *252*, *261*, *262*, *265*, *267*
Mabillon, II, 317
Maccabei, I, 244, 245, 312
Macrobio, I, 70, *265*, 336, 342, 352, 407, 408, 453; II, *126*, *166*, *252*, 268
Maedler, I, *206*, 356, 379, *379*; II, 6, 9, *9*, *190*
Maerker, II, *60*, *61*
Maestlin, II, *185*
Magini, I, 351
Mahler, I, 317-21
Mahol, I, 155
Malta, I, 241, 242
Manasse, I, 290, 294, 296
Manda *vedi*: Umman-Manda
Manetone, II, 211, 233
Manilio, I, 143, 330, 349; II, 181, 200, *200*, 206, 207, *207*, 212, *221*
Manma, I, 31
Mansion, II, 176
Maometto, II, 323
Marduck, I, 65, 74, 191, 226
Mardukbaliddina I, I, *224*, *227*
Marduknadinachi, I, *227*
Mariette-Bey, II, *225*-27, *375*
Martin, I, 333, *333*, *334*, 337, *355*, *364*, *366*, *371*, *373*, 379, *379*, 384-87, *389*, 406, 407, *407*, *410*, *412*, *415*, 452; II, 10, 16, *27*, 29, *29*, *30*, *42*, *64*, 65, *77*, 119, *126*, *137*, *140*, *143*, 144, *151*, 158, 159, 161, 162, *166*, *173*, 308, *332*, 359, 362
Martini, I, 132, *137*, 186
Martu, I, 55
Marziale, II, *221*
Maspero, II, *234*
Massoreti, I, 140
Matriceta, II, 251
Maunder A. S. D., I, *24*
Maunder E. W., I, *24*
Maurolico, I, 351
Maury, I, *206*
Maya, I, 428; II, 355
Meerbeke (da), II, *99*, *111*
Megillo, I, 394, 395
Meineke, I, *401-03*, 439, 444, 455, 457
Melantone, II, *188*
Melcom, I, 161
Menagio, I, *364*
Ménant, I, 291
Mene, II, 355
Menecmo, II, 14, 77
Menelao, II, 345
Menfi I, 187; II, 225, *327*
Merneptah, I, *317*
Merodach-baladan I, I, 78, 192
Merodach-baladan III, I, 64
Metone, I, 48, 96, 97, 104, *109*, 255, 259, 313; II, 25, 33, 82, 85, 101, 258-65, 270, 272, 276
Metrodoro, II, 209, 272-74
Meyer, I, *317*, *319*; II, *268*
Michea, I, 279
Mileto, II, 247-49, *268*
Minarâja, II, 355
Minos, II, 355, 364
Mnesistrato, II, 33
Mollweide, II, *298*
Moloch, I, 160
Mommsen, II, *26*, 292, 319
Monti, I, *139*, *210*; II, 181, 216, 218, *220*, 280
Montucla, I, *339*, 378, *378*, *380*; II, 6, 8, *8*, 10, 305-07, *307*, 310, *310*, 311
Morris Jastrow, I, *226*
Mosè, I, *134*, 163-65, 167, *175*, *207*, *222*, *238*, 243, *249*, 251, 263, 279

Mosè Maimonide. I. 276
Möstlin, I, 351
Mullach, I, *403*, 439, 451; II, *141*
Müller Andrea, I, 316
Müller G., 31, *32*
Müller M., I, *140*, *212*
Müller Ottofredo, I, 287
Munnabitu, I, 74
Muratori, II, *34*

Nabonassar, I, 15, 47, 63; II, 24
Nabonido, I, *297*
Nabû, I, 65, 74, 81, 82, 87, *87*
Nabucodonosor, I, 46, 53, 72, 78, 81, 82, 88, 93, 95, 99, 191, *223*, 226, *227*, 244, 259, 264, 277, 297, 298
Nabupaliddina, I, *223*
Nabuzukupkênu, I, 8, 87
Nahardea, I, 259, *259*
Nallino, II, 340-43, 345-47
Napur, II, *24*
Nassir Eddin, II, 336
Nautele, II, 33
Nebkara, I, *408*; II, *13*
Nebo, I, 191
Necao, II, 248
Necepso, I, 347, *347*, 349
Nectanebo, II, 13
Nehemia, I, 245, *245*, 252, *252*, 268-70, 272, 274, 278, 311
Nemesiano, II, *221*
Nergal-itir, I, 83, 84
Nerone, I, *347*
Nesselmann, II, 308
Neugebauer P.V., I, *21*, 24; II, 327, *327*
Newton, I, 122, 330, 376, *419*, 434; II, 16, 250, 306, 312, 317, 331, *332*, 337, 338, *338*
Niceta, I, *377*, *378*
Nicomaco, I, 413; II, *90*, 112, 145, 146, *146*, 149
Niebuhr, I, *200*, 204
Nilo, I, 53, 153
Nimrud, I, 292
Ningirsu, I, 52
Ninip, I, *224*
Ninive, I, 5, 6, 21, 27, 33, 39, 46-48, 50, 53, 54, 62, 65-68, 70, 73-75, 78, 79, 81-89, 93, 99, 101, 119, 123, 161, 220, 235, *249*, *261*, 319, 321
Nin-mah, I, 53
Nippur, I, 51, 53, 65, 75, 84, 123, 300
Nipso (Marco Giunio), II, 298, 362
Nisaba, I, 52
Nod, I, 174
Noè, I, 172, 174, 258
Noemi, I, 186
Nomento, II, 201
Nonno Panopolita, II, *221*, 231
Nubit, II, 226-28
Numa, I, 393, 447; II, *201*
Numma, I, 55

Olivieri, II, *267*
Omero, I, 214, 331, 353, 382, 427; II, 5, 181, 202, 218, *219*, 220, *220*, 238, 240, 249
Onorio, II, *207*
Ophir, I, 131
Oppert, I, 46, *100*, *187*, *188*, 224
Oppolzer, I, 187, *187*; II, 319, *320*, 327, *327*
Orazio, I, 264; II, 194, 195, 199, 200, 201, 203, 204, 209-11, 219, *221*
Origene, I, 330, 403, *403*, 449
Osiride, II, 226, 229
Ovidio, I, 234; II, 201, 202, *204*, 275

Pa, I, 82
Palladio, II, 200, *221*
Palmira, I, 292, 296
Pandit Bápú Deva Sástri, I, *354*
Panini, II, 376
Paolo d'Alessandria, II, 355
Paolo Emilio, I, 333
Paolo III, I, *376*
Pappo, I, 358; II, *145*, 309
Parini, II, 281
Parmenide, I, 332, *333*, 365; II, 250, 333
Parmenisco, II, 267, *267*
Pataliputra, I, 353, 429
Patna, I, *353*
Pauliça, II, 355
Paulus al-Yûnânî, II, 355
Pauly-Wissowa, II, *147*, *168*, 209, *269*
Pausania, II, 258
Pelusio, II, 267
Pengiab, I, 107
Pentateuco, I, 163-67, 230, 306, 309, 320

Pericle, I, 399; II, 258
Perseo, I, 333; II, 58-64
Persio, I, 264; II, *221*
Petavio, I, 277, *413*, *433*, 444; II, *28*, *38*, *138*, *144*, *196*, 222, 317
Petosiri, I, 347, *347*, 349
Peyron, II, *95*, *96*
Philippson, I, 129, *188*, *189*, 205, *214*
Picard, I, 351
Pierret, II, *229*, *233*
Pinches, I, *262*, 299
Pindemonte, II, 239
Pinder, II, *355*
Pitagora, I, 78, *222*, *333*, 363-67, 369, *369*, *378*, 401, 405, 412; II, 144, 145, 147, 156, 250, 333, 360, 366 368
Place, I, 53
Platone, I, 122, 336, 337, 341, 365, *367*, *373*, 375, 379, *379*, 381-94, 396-405, 407-09, 412, 413, *417*, *418*, 420, *423*, 430, 432, 433, 442, 444-47, 450, 451, 453, 457; II, 5, 7, 9, 12-16, 18, 22, 64, 65, 70, 77, 87, 95, 116-20, 126, *141*, 143, 145, 147, 148, *148*, 154-*66*, 159, 162, 165, *167*, 171, 210, 223, 265, 333, 334, 345-47, 364
Plinio il vecchio, I, 94, 333, *333*, 335, *335*, 336, *342*, 344, 345, 347, *347*, 351, 352; II, *28*, 29, *29*, 33-37, 70, *73*, 197-*201*, 203-*05*, 207, 210, 220, 221, *221*, 230-32, 254, 255, 257, 263, 264, 267, 269, 275, *276*, 280, 281
Plutarco, I, 341, *366*, *370-73*, *377*, 380, *380*, 387, 391, *391*, 393, 394, 397, 401, *401*, *421*, *422*, 425-27, 443-45, 447, 449, 455, 457; II, *14*, *15*, *126*, 156, *156*, *166*, *167*, *252*
Polemarco, I, 411; II, 8, 11, 15, 19, 77, 78, 89, 100, 110, 116, 118, 122
Polibio, II, 240
Pompei, I, 265
Pons, II, 353
Porfirio, I, 336, 337; II, *95*, 108, 112
Porro, II, 297
Posidonio, I, *342*, 344-49, 359, 360, *414*, 417-20, 425, *433*, 454; II, 35, 138, 152, *153*, *157*, *175*, 223, *258*, 270, 282
Potsdam, I, *32*
Priamo, II, 181, 217
Prithùdaca-Swami Chaturveda, I, 429, 430
Proclo, I, 387, 413, *413*, *414*, 450; II, 14, *14*, 58-*61*, 64, *65*, *86*, *90*, *105*, *110*, 138, 144, *144*, 145, *145*, 149, 167
Properzio, II, 194, 221, 266
Protagora, II, 156
Psammetico, 248

Qirjath-Sepher, I, *155*
Qoheleth, I, *176*, 182, 185
Quételet, II, 266
Quinto Smirneo, II, *221*

Rabba, I, 249
Rabbi Adda, I, 259
Rabbi Eliezer, I, 286, 287
Rabbi Hillel, I, 259
Rabbi Jehosna, I, 286, 287
Rabbi Jehuda, I, 202, 277, 283
Rabbi Samuel, I, 259
Rakkah, II, 342, 344
Ramesse II, I, 317
Ramesse III, I, 317
Ramesse VI, II, 233
Ramessidi, I, 47
Ramman, I, *64*
Ramoth-Galaad, I, 192
Rassam, I, *6*, *223*
Rawlinson, I, 7, 33, 46, *70*, *223*, *231*, *236*, *261*
Regiomontano, II, 345, 347
Rehm, II, *268*
Reinaud, II, *357*
Renan, I, 132, 205, 214, *214*
Rephaim, I, 177
Reuss, I, 129, *155*, 164, *188*, *189*, 214, *214*, *269*, *281*
Revel, I, *164*
Reysch, II, 300
Rhind, II, 293-95, 297, 299, 300
Riccioli, I, 330, 331, *340*, 350, 351, 378, *378*; II, *210*
Richter, II, *119*
Riehm, I, *220*, *290*
Roberval, I, *422*
Rodi, I, 344; II, 267, 272
Roma, II, 269, *327*, 355
Romaka Pura, II, 355

Rudorff, II, 292
Rufo (Betrubo o Vitruvio), II, 298-300
Rutilio, II, *221*

Saba, I, 131
Sachau, I, *19*; II, 319
Safex, II, 375
Sais, II, 228
Saisset, I, 387
Sakkuth, I, 193
Salmanassar II, I, 22, *223*, *249*
Salmasii, II, *197*
Salomone, I, 150, 155, 160, *160*, 165, *176*, 189, 240, 242, 243, 245, 250, 251, 256, 305, 309; II, 351
Salphaad, I, *278*
Samaria, I, 191
Samas, I, 293, 294
Šamši-Adad IV, I, 22, *223*, *249*
Sana, I, 200
Sanherib, I, *6*
Sargon II, I, 8, 53, 54, 87, *249*
Saul, I, 239
Sayce, I, 7, 18, *19*, 46, 73, *231*, *236*, *245*, *261*; II, 353
Scaligero G., I, 143, 277; II, 317
Scerbo, I, *166*
Schaubach, I, *371*, 378, *379*, 387, 402, *402*, 424, *424*, 425, 455; II, 9, *9*, *67*
Scheol, I, 177, 183, *183*
Schiaparelli E., II, 225
Schjellerup, II, *185*, 186, 191, 211
Schoell, II, *355*
Schrader, I, *31*, *81*, 150, 151, *171*, *191*, *192*, 193, *193*
Schram, II, 327, *327*
Schreckenfuchs, I, *343*
Schultens, I, 132, 136, 138, 206
Schürer, I, *239*, *259*, *271*
Scipione, I, *70*, *265*, *330*, 336, 346, 352, 407, 453
Sciti, I, 22
Sédillot, II, 308
See, II, *187*, 215, 216, 218-20, *220*, 222, 230
Seleuco, I, 94, 105, 121, 330, 340, 408, 425-27, 432, 457; II, 116
Selk (Dea), II, 226
Seneca, I, 64, 433, 438; II, 13, 39, 195, 203-05, 207, 209, 210, 212, *221*, 228
Senjirli, I, *223*, *291*, 294
Senkereh, II, 309
Sennacherib, I, 46, 88
Senocrate, II, 118
Senofane, I, *177*, 399
Senofonte, II, 62, *62*, 154
Sepharvaim, I, 191
Serapide, II, 231
Serse, II, *253*
Sesto Empirico, I, 70, *422*, 426, 456
Seth Ward, II, 16
Seti I, II, 233
Seti II, II, *234*
Siddhanta, I, 428
Sidone, II, 240
Siene, I, *342*, 345, 360; II, 224, 248, 272
Silio Italico, II, *221*
Silla, II, 270
Simeon ben Yochai, I, *427*
Simmaco, I, *182*, *214*, 215, *215*, 217, 234
Simmia, I, 382, 383
Simone Grineo, II, *61*
Simplicio, I, 352, 353, *370*, 380, *380*, 387, 404, *411*, 413, *413*, *414*, 417-*19*, *422*, *426*, *433*, 437, 442, 446, 449, 450, 454; II, 7, 8, 17, 19-21, 23-26, 37, 39, 43, 44, 55, 57, 65-68, 71-73, 77, 78, 85, 89, 92, *95*, *96*, *101*, 107, *109*, *120*, *122*, *129*, 138, *138*, 145, *145*, 146, *146*, 152, 153, *153*, 155, 156, *156*, 165, *167*, 175
Sin, I, 293, 294
Sinai, I, *249*
Sinan, II, 341
Sin-idinna, I, 58
Sinigaglia, I, *242*
Sippar, I, 51, 65, 84, 123, *223*
Siriano, II, *112*, *146*
Sisara, I, 189
Siût, I, 317, 319, 321
Smith G., I, 7, 60, 67, 69, 75, 100, *192*, *224*, 227; II, 24
Smith Payne, I, 283, 286, 301
Socrate, I, 121, 333, 365, *365*, 382, 383, *387*, 399, 401, 422; II, 14, 156, 260
Sofonia, I, 22

Sosigene, I, 94, *414*: II, 7, 19, *20*, 23, 78, 88-90, 92, 95, *95*, 101, *101*, 103-08, *109-11*, *120*, *122*, 145, 268, 269
Sosio, I, 271
Spengel, I, 438
Speusippo, I, 401; II, 118 *148*
Spiegel, I, *195*
Spiegelberg, I, *317*
Stazio, II, *221*
Stern, I, 285, *285*, *286*, 287, *287*, 288, 289, *289*, 290, 291, *291*, *293*, 295, *306*
Stobart, II, 229
Stobeo, I, *366*, *369-71*, 373, *401-03*, *420*, *422*, 426, 439, 444, 455-57
Stoppani, I, *139*, *176*, *178*, 210
Strabone, I, 94, *342*, 344, 348, 426, *426*, 427, 457; II, *148*
Strassmaier, I, *24*, 47, 48, 49, *89*, 93, *96*, *100*, 102, 110, 297-300, 314
Stratone, I, 420, *420*; II, 169
Subartu, I, 54
Suida, II, *167*
Sulpizio, I, 333
Sumer, I, 51-54, 56, 89, 94
Sun-tse, II, 311
Sura, I, 259
Surya-Siddhânta, I, 354, 355, 430, 431, *431*; II, 353, *353*, 354, 374
Syncellum, I, *258*
Syros, II, 239-41, 249

Tacito, II, 230-*32*
Tago, I, 400
Talbot, I, 220, 221
Talete, I, 95, *364*, 427, 437; II, 5, 27, 248-50, 256, 331, 332
Tannery, II, 116, 117, 332
Taprobana, I, 400
Tasmitum, I, 87, *87*
Tavole Alfonsine, I, 282
Taylor I. G., I, 52
Tazio, I, *433*, 444; II, *98*
Tebe, II, 118, 375
Temistio, II, *95*
Tentira, II, 41
Teodoreto, I, 216, 221
Teodosio, I, 352; II, 209, *210*
Teofrasto, I, 341, 380, *380*, 393, 397, 400, 401, 420, 445, 447, 457; II, 19, 89, 96, 108, 119, 156, *156*, *221*
Teone, I, *364*, *384*, *385*, *389*, 406, 409, *409*, 410, *410*, 412, *412*, 414, *414*, *415*, 431, *433*, *434*, 437, 451, 452; II, 16, *27*, 29-37, 64, *64*, 65, *77*, *90*, 93, *126*, 129, 137, 139, *140*, *143*, 144, *151*, 166, *166*, 167, 173
Testamento (Antico), I, 128-*30*, 137, 138, 141, 144, 145, 150, 154, 159, 162, 166-69, 173, *177*, 179, 184, 190, 192-95, 198 199, 202, 209, 214, 216, 219, *222*, *229*, 231, 233-*36*, 239, 245, 253, 256, 263, 272, *278*, 305-07
Tharsis, I, 173
Thebit ben Korra, II, 187
Thibaut, II, 310, 362-70, *373*, 376
Thompson, I, 74, *74*, 83, *83*, 84
Thoth, I, 44; II, 375
Thureau-Dangin, I, 82, *82*
Tiberiade, I, 239
Tiberio, II, *207*, *232*
Tibullo, I, 264; II, *221*
Ticone, I, 350, 351, *378*, 410, 416, *419*, 434, 435; II, 36, *110*, 116, 117, 126, 151, 164-66, *168*, 170, 172, 176, *332*, 336
Tigri, I, *19*, 22, 51, *52*
Timeo, I, 336; II, 333
Tintir, I, 51
Tito, I, 240, 247, 266, *272*
Todhunter, II, 308
Tolomeo, I, 20, 45, 47, 48, 64, 81, *103*, 107 109, 265, 282, 319, 329, 330, 332, *342*, 344, 347-50, 352, 353, 358, 366, *378*, 405, 406, 414, *414*, 415, 417-20, 424-*26*, 429, 430, 432-35; II, 5, 6, 9, 17, *23*, 112, 127, 129, 130, 133-39, *142*, 146, 162, 163, 182-*85*, 187-*91*, 209-11, 220, *229*, *232*, 266, 269, 272, 274-*76*, 279, 282, 284, 335, 342-45
Tolomeo (Re), II, 352
Tommaso (San), I, *176*, 331
Torelli, II, *91*
Toscanelli, II, 239
Tsin-kia-cian, II 311
Tucidide, II, 154
Tule, I, 400
Turamaya, II, 352, 355

Ud Enlil, I, 86

Ulisse, II, 239
Ulugh-beg, II, *187*
Umman-Manda, I, 22, *23*, 25, 26
Upi, I, 51
Ur, I, 51-53, 74
Urîah, I, 150, 249
Uzzia, I, *187*

Valente II, 211
Valmiki, I, 353
Van Bebber, II, 237
Varâhamihira, II, 353-56
Varrone, I, 406, 431; II, 33, *34*, 196, 275, 276, *276*
Veda, I, 430
Vespasiano, II, 203
Vincent, I, *342*; II, 308
Virgilio, II, 194, *204*, *221*, 246, 257, 266
Vitruvio, I, 355, 407, *421*, 431, 452; II, *58*, *128*, 166, 196, 371, 372, 374
Viviani, II, *55*
Volney, I, *257*
Voltaire, I, *376*, *421*, *422*

Wachsmuth, II, *25*, *26*, *276*
Wackerbarth, I, *427*
Walderum, II, *184*
Wallis, I, *422*, *424*
Weber, I, 107, *430*; II, *351-55*, *357*, *374*, 376
Weidler, I, 378, *378*
Weissbach, I, 71
Wellhausen I, 164, *251*, *269*, *281*
Wendelino, I, 340, 350, 351
West, I, *168*
Whewell, II, 9, *9*
Whish, II, 354
Whitney, I, *431*; II, *353*
Widmann, II, 300, *354*
Winckler, I, *23*, *81*, *150*, 151, *236*
Winer, I, *235*
Winnecke, I, 351
Wislicenus, II, 327, *327*
Woepcke, II, 308, 311, 357, 358, *358*
Wolfenbuttel, II, 298-300
Wüstenfeld, II, *185*
Wyttenbach, I, *417*; II, *153*, 157, 161

Yavanas, I, 428; II, 355
Yih-hing, II, 311

Zaccaria, I, 137, *243-45*, 251, 280, 312
Zach, II, *298*
Zeller, II, 146, *148*, *169*, *258*
Zendavesta, II, 323
Zengirli, I, *78*
Zenofane, II, *62*
Zenone, I, *433*
Ziegler, II, *208*
Zimmern, I, 61, *81*, *150*, 151, *261*, *262*, 293, *293*
Zoroastro, I, 44
Zorobabele, I, 240, 281

INDICE

II. - ASTRONOMIA DEI GRECI . . . . . pag. 1

X. - Le sfere omocentriche di Eudosso di Callippo e di Aristotele . . . . . » 3

I. - Considerazioni Generali . . . . . » 5

II. - Origine delle sfere omocentriche . . . . . » 11

III. - Teoria lunare d'Eudosso . . . . . » 20

IV. - Teoria solare d'Eudosso . . . . . » 23

V. - L'Ippopeda d'Eudosso. Meccanismo delle stazioni e delle retrogradazioni . . . . . » 42

VI. - Teorie speciali dei pianeti secondo Eudosso . » 66

VII. - La riforma di Callippo . . . . . » 77

VIII. - Ulteriori modificazioni fatte al sistema d'Eudosso . . . . . » 87

Appendice I. - Estratto dal Libro XII della Metafisica d'Aristotele - Capo VIII . . . . . » 94

Appendice II. - Estratto dal Commentario di Simplicio al Libro II di Aristotele, *De Cœlo*. . . . » 95

XI. - Origine del sistema planetario eliocentrico presso i Greci . . . . . » 113

I. - Eraclide Pontico, ed il corso dei pianeti inferiori . . . . . » 117

II. - Il corso dei pianeti superiori . . . . . » 122

III. - Epicicli ed eccentri mobili . . . . . » 126

IV. - Antiche notizie sugli eccentri mobili . . . » 133

V. - Origine degli eccentri e degli epicicli . . . » 143

VI. - Il sistema planetario eliocentrico considerato come ipotesi geometrica possibile . . . . » 151

VII. - Il sistema planetario eliocentrico considerato come ipotesi fisica probabile . . . . . » 167

VIII. - Riassunto delle conclusioni principali . . . pag. 170

APPENDICE - Estratto da Simplicio, Commentario alla Fisica d'Aristotele . . . . . » 175

XII. - RUBRA CANICULA. CONSIDERAZIONI SULLA MUTAZIONE DI COLORE CHE SI DICE AVVENUTA IN SIRIO » 179

I. - Tolomeo . . . . . » 184

II. - I traduttori latini d'Arato . . . . . » 191

III. - Rubra Canicula: Orazio e Seneca. . . . . » 194

IV. - Altre autorità . . . . . » 205

V. - Sirio e Marte . . . . . » 210

VI. - Conclusioni . . . . . » 211

XIII. - RUBRA CANICULA. NUOVE CONSIDERAZIONI SULLA MUTAZIONE DI COLORE CHE SI DICE AVVENUTA IN SIRIO . . . . . » 213

VII. - Sirio nell'Iliade . . . . . » 216

VIII. - Sirio, stella ardente . . . . . » 219

IX. - Gemino. . . . . » 221

X. - La divina Sothis . . . . . » 224

XI. - Sirio e la Fenice . . . . . » 230

XIV. - SUI PARAPEGMI O CALENDARI ASTRO-METEOROLOGICI DEGLI ANTICHI . . . . . » 235

I. - Come i popoli primitivi, per regolarsi sul corso delle stagioni, dovessero ricorrere alla osservazione immediata dei fenomeni celesti » 237

II. - Fenomeni del levare e del tramonto delle stelle; come possano servire a definire in modo certo ed invariabile le diverse epoche dell'anno . . . . . » 241

III. - Calendario rustico d'Esiodo . . . . . » 245

IV. - Origine comune dell'Astronomia e della Meteorologia presso i Greci. Prime scoperte e speculazioni . . . . . » 247

V. - Primi studi sul grande anno e sui cicli luni-solari; Cleostrato, Arpalo, Enopide, Filolao; Democrito e il suo Parapegma . . . . . » 251

VI. - Metone, Eutemone, Eudosso, Filippo e Callippo . . . . . » 258

VII. - Conone, Dositeo, Critone, Parmenisco, Ipparco, Giulio Cesare, Metrodoro, Osservatori Caldei ed Egiziani . . . . . pag. 266

VIII. - Calendari eclettici; Pseudo-Gemino, Tolomeo; Calendario rustico romano; Claudio Etrusco, Varrone e Columella . . . . . » 269

IX. - Significato scientifico degli antichi parapegmi; e modo con cui devono essere interpretati. » 277

III. - APPENDICE - RASSEGNE BIBLIOGRAFICHE, TRADUZIONI. . . . . » 287

XV. - Cenno dei recenti studi del D.R Cantor sulla Storia dell'Agrimensura . . . . . » 289

XVI. - Sulla nuova Storia delle Matematiche pubblicata dal prof. M. Cantor . . . . . » 303

XVII. - A proposito di un nuovo trattato di Cronologia Astronomica . . . . . » 315

XVIII. - A proposito di una storia dei sistemi planetari da Talete a Keplero. . . . . » 329

XIX. - Albatenio . . . . . » 339

XX. - Studi Greco-Indiani . . . . . » 349

Elenco alfabetico dei nomi propri contenuti negli « Scritti Editi » (Tomo Primo e Tomo Secondo). » 379

ERRATA CORRIGE

TOMO PRIMO

pag.	23	linea	2 nota	in luogo di	WINKLER	leggi	WINCKLER
»	57	»	20	»	Sumeriari	»	Sumeriani
»	69	»	1 nota	»	Chap. ter XX	»	Chapter XX
»	86	»	2 nota	»	in	»	in 4°.
»	291	»	2 nota	»	Esarhadden	»	Esarhaddon
»	296	»	20	»	Esarbaddon	»	Esarhaddon
»	366	»	4 nota	»	Buoncompagni	»	Boncompagni

TOMO SECONDO

pag.	4	linea	9	in luogo di	*XXIII*	leggi	*XXII*
»	168	»	1 nota	»	HLUTSCH	»	HULTSCH
»	189	»	15 nota	»	1804	»	1894
»	308	»	5	»	Woepke	»	Woepcke
»	308	»	7	»	Bencompagni	»	Boncompagni
»	308	»	5 nota	»	1876	»	1877
»	311	»	16	»	Woepke	»	Woepcke
»	358	»	3 nota	»	BURCHELL	»	BURNELL

Finito di stampare
il giorno 15 luglio 1926
nella Cooperativa tipografica Mareggiani
in Bologna

CASA EDITRICE N. ZANICHELLI - BOLOGNA

LEVI-CIVITA TULLIO — *Questioni di meccanica classica e relativista.*

LORIA GINO — *Curve sghembe speciali algebriche e trascendenti.*

Volume primo - *Curve algebriche.*

Volume secondo - *Curve trascendenti.*

MAGGI GIAN ANTONIO — *Dinamica dei sistemi.* Lezioni sul calcolo del movimento dei corpi naturali. Seconda edizione.

— *Dinamica fisica.* Lezioni sulle leggi generali del movimento dei corpi naturali. Terza edizione.

— *Elementi di statica e teoria dei vettori applicati* con una introduzione sul calcolo vettoriale.

PASINI CLAUDIO — *Trattato di topografia.* Quarta edizione.

— *Metodo dei minimi quadrati.* Appendice al Trattato di topografia.

PINCHERLE SALVATORE — *Lezioni di algebra complementare dettate nella R. Università di Bologna e redatte per uso degli studenti.*

Volume primo - *Analisi algebrica.*

Volume secondo - *Teoria delle equazioni.*

— *Lezioni di calcolo infinitesimale.*

— *Gli elementi della teoria delle funzioni analitiche.* Parte prima.

PINCHERLE SALVATORE e U. AMALDI — *Le operazioni distributive e le loro applicazioni alla analisi.*

PORRO FRANCESCO — *Trattato di astronomia.* Volume primo.

QUESTIONI RIGUARDANTI LE MATEMATICHE ELEMENTARI, raccolte e coordinate da Federigo Enriques.

Parte prima - *Critica dei principi.* Due volumi.

Parte seconda - *I problemi classici della geometria e le equazioni algebriche.*

SCHIAPARELLI GIOVANNI — *Scritti sulla storia dell'astronomia antica.*

Parte prima - *Scritti editi.* Tomo I e II.

TONELLI LEONIDA — *Fondamenti di calcolo delle variazioni.* Due volumi.

TORRICELLI EVANGELISTA — Opere edite in occasione del III centenario della nascita col concorso del Comune di Faenza da Gino Loria e Giuseppe Vassura - *Geometria. Lezioni accademiche. Meccanica. Scritti vari. Racconto d'alcuni problemi. Carteggio scientifico.* 4 volumi.

Chiedere Catalogo alla Casa Editrice Nicola Zanichelli

CASA EDITRICE N. ZANICHELLI - BOLOGNA

BIBLIOTECA DI OPERE SCIENTIFICHE

AGOSTINI A. e BORTOLOTTI E. — *Esercizi di geometria analitica.*

BELARDINELLI GIUSEPPE — *Esercizi di algebra complementare*, con oltre 700 questioni risolute e proposte.

BIANCHI LUIGI — *Lezioni di geometria analitica.*

— *Lezioni di geometria differenziale.* Terza edizione interamente rifatta. Tre volumi.

— *Lezioni sulla teoria dei gruppi continui finiti di trasformazioni.*

— *Lezioni sulla teoria dei numeri algebrici.*

BORTOLOTTI ETTORE — *Lezioni di geometria analitica.* Due volumi.

BURALI-FORTI C. e R. MARCOLONGO — *Elementi di calcolo vettoriale con numerose applicazioni alla geometria, alla meccanica e alla fisica-matematica.* Seconda edizione.

BURGATTI PIETRO — *Lezioni di meccanica razionale.* Terza edizione.

BURGATTI PIETRO e RUGGERO ROGHI — *Problemi ed esercizi di meccanica razionale.*

CASTELNUOVO GUIDO — *Spazio e tempo secondo le vedute di A. Einstein.*

— *Calcolo delle probabilità.* Volume primo, seconda edizione riveduta.

CIANI EDGARDO — *Il metodo delle coordinate projettive omogenee nello studio degli enti algebrici.*

— *Lezioni di geometria projettiva ed analitica.* Terza edizione riveduta e corretta.

DONATI LUIGI — *Memorie e note scientifiche. Elasticità. Vettori. Elettrologia. Correnti alternative. Argomenti vari.*

EINSTEIN ALBERTO — *Sulla teoria speciale e generale della relatività.*

ENRIQUES FEDERIGO — *Lezioni di geometria projettiva.* Quarta edizione.

— *Lezioni di geometria descrittiva*, pubblicate per cura del dott. Umberto Concina. Ristampa della seconda edizione.

— *Lezioni sulla teoria geometrica delle equazioni e delle funzioni algebriche*, pubblicate per cura del dott. Oscar Chisini. Tre volumi.

FAMÀ FRANK — *Le radiazioni energetiche come deformazioni spaziali.*

FUBINI G. e CECK E. — *Geometria proiettiva differenziale.* Tomo primo.

LAMMEL RODOLFO — *I fondamenti della teoria della relatività*

LEVI-CIVITA TULLIO e UGO AMALDI — *Lezioni di meccanica razionale.* Volume primo - *Cinematica. Principi e Statica.*

Volome secondo - *Dinamica dei sistemi con un numero finito di gradi di libertà*, Parte prima.

(segue a pag. 3 di copertina)

Chiedere Catalogo alla Casa Editrice Nicola Zanichelli